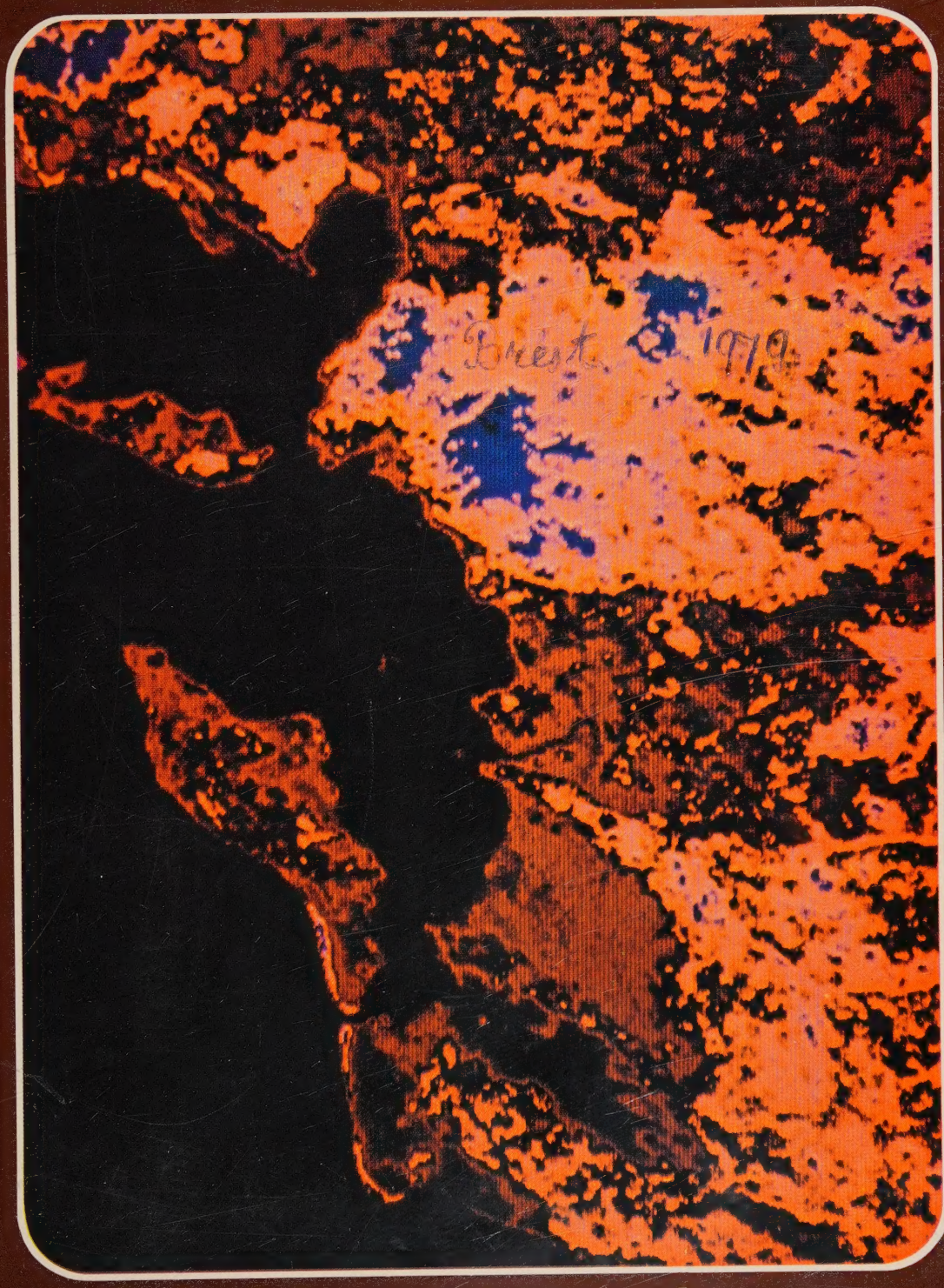
géographie physique et télédétection des marais charentais



raymond regrain

En cette fin de siècle, une connaissance précise de l'environnement naturel est nécessaire pour imaginer de nouvelles formes d'aménagement.

Comprendre comment se sont formés les Marais Charentais, quel était leur « état initial » avant l'intervention humaine, les modalités de celle-ci permet de mieux tenir compte de ce patrimoine accumulé au cours des siècles lorsqu'il s'agit de transformer l'utilisation du sol.

Par une série d'approches successives faisant appel aux techniques de recherche les plus modernes, cet ouvrage s'efforce de faire le point sur l'évolution de la ligne de rivage entre La Rochelle et Marennes, et l'état actuel des Marais Charentais.

La télédétection, nouveau moyen d'observer la surface de la Terre permet ensuite une étude à la fois plus détaillée et plus globale des paysages littoraux charentais.

En une matière où le langage scientifique peut parfois sembler complexe, on s'est efforcé d'employer des termes accessibles, les mots nouveaux faisant l'objet d'un lexique.

En couverture : Image de télédétection sur les Marais Charentais, le 18 août 1976. Données enregistrées par le satellite Landsat, dans l'orangé ; transcrites en plages colorées (équidensités) par « A.R.I.S.T.I.D.E. » (voir p. 364).

Cliché J. RUDELLE.

Maquette : JAC FRANÇOIS, Amiens.

Brest 1979.

Raymond REGRAIN

Géographie physique et TÉLÉDÉTECTION des Marais Charentais

La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part que les «copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective» et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, «toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite» (alinéa 1 de l'article 40).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code Pénal.

Tous droits de traduction, d'adaptation et de reproduction par tous procédés réservés pour tous pays.

© R. REGRAIN, 1980

ISBN : 2-903359-01-6

Cet ouvrage reprend l'essentiel d'une Thèse d'Etat de Géographie soutenue le 9 juin 1979 à l'Université de Bretagne Occidentale (Brest) devant un Jury composé de M. R. COQUE, Professeur à Paris - 1, (Président), M. A. GUILCHER, Professeur à l'Université de Bretagne Occidentale (Rapporteur), M. F. VERGER, Professeur à l'École Normale Supérieure (Montrouge) et Directeur à l'Ecole Pratique des Hautes Études , Mme A. MOIGN, Professeur à l'Université de Bretagne Occidentale, M. R. NIJS, Rijks Universiteit Gent.

«Malgré le soin apporté à l'établissement...(du texte et des documents), vérifiés, rectifiés à plusieurs reprises, des erreurs ou des omissions, que nous espérons peu importantes ont pu s'y glisser. L'auteur recevra volontiers les observations et rectifications que pourront lui suggérer les lecteurs».

(d'après L. RALLET, 1958, p. 119 ; sa brutale disparition nous a trop tôt privé d'un naturaliste charentais hors pair)

SOMMAIRE

Livre premier : LES MARAIS CHARENTAIS ET LEURS BORDURES, MÉTHODES CLASSIQUES D'ÉTUDE

LA PÉRIPHÉRIE DES MARAIS

I Stratigraphie et lithologie régionales
II Le canevas tectonique charentais
III Les surfaces d'aplanissement au voisinage des marais

LE PRISME LITTORAL CHARENTAIS

I Le prisme littoral, définitions
II La Mer des Pertuis
III Le climat des Marais Charentais
IV Cinématique du littoral
V Physionomie des Marais Charentais

L'HOMME ET LE PRISME LITTORAL

I Géosophie des marais littoraux et aménagements
II Les limites communales
III L'aménagement des marais plats du Marais de Rochefort
IV L'homme et le prisme littoral dans les marais gâts
V L'homme et le prisme littoral : l'ostréiculture

Conclusion du livre premier

Livre second : LES MÉTHODES CONTEMPORAINES D'ÉTUDE DES MARAIS CHARENTAIS

PHOTOGRAPHIES AÉRIENNES SENSIBLES A L'INFRAROUGE ET PLANIMÉTRIE

I Méthodologie
II Étude régionale
III Signification géodynamique des réseaux de chenaux de marée

L'ALTITUDE DES MARAIS CHARENTAIS

I Sources et méthodologies
II Les principaux résultats
III Étude régionale des altitudes des Marais Charentais
IV Plafond sédimentaire et niveaux de marée

LE REMBLAIEMENT DES MARAIS CHARENTAIS

I Le bri, aspects géopédologiques
II Le bri, importance du remblaiement
III Le bri, sédiment terrigène
IV Le bri, étude palynologique
V Les rythmes de la sédimentation

Conclusion du livre second

Livre troisième : TÉLÉDÉTECTION DES MARAIS CHARENTAIS

LA TÉLÉDÉTECTION PAR SATELLITES

I La télédétection, définitions
II La télédétection, instrument de connaissances
III Les programmes FRALIT de télédétection par satellites

LES IMAGES DES MARAIS CHARENTAIS

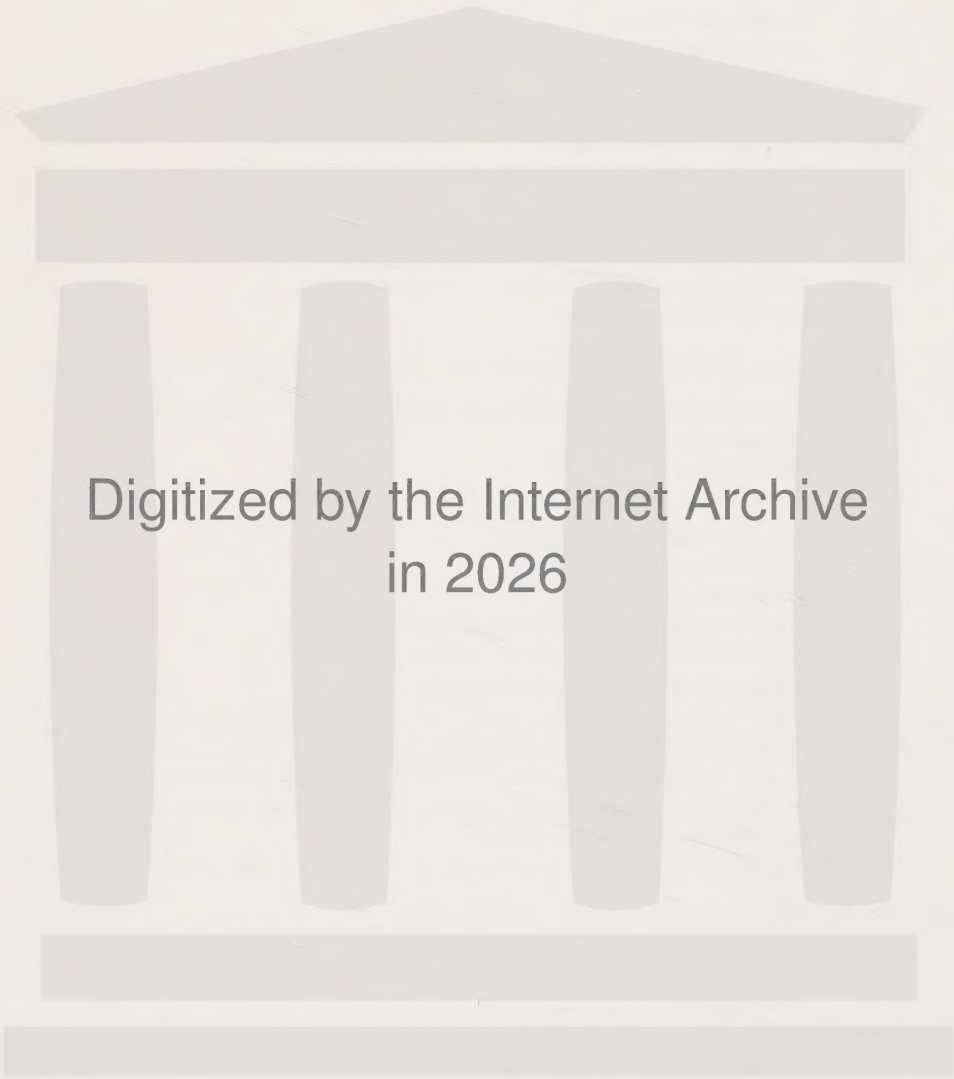
I Les conditions générales des enregistrements
II Les images Landsat des Marais Charentais
III Les traitements d'images

LA CARTOGRAPHIE INFOGRAPHIQUE

I Principes de la cartographie infographique
II Pertinence des légendes automatiques
III La cartographie diachronique

Conclusion du livre troisième

CONCLUSION GÉNÉRALE


Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41545812_0001

A MON MAITRE ANDRÉ GUILCHER

A MON MAITRE FERNAND VERGER

A Bernadette, ma femme
Emmanuelle et Guillaume

ABREVIATIONS

utilisées dans le texte

A.D.	Archives Départementales de la Charente Maritime
A.R.I.S.T.I.D.E.	Appareil de Restitution d'Images Synthétiques Trichromatiques Instantanées par Densitométrie Electronique.
A.S.E.	Agence Spatiale Européenne
B.C.	Before Christ (avant l'an 1 de l'ère chrétienne)
B.M.	Basse Mer
B.M.L.R.	Bibliothèque Municipale de La Rochelle
B.P.	Before Present (par convention, avant 1950)
B.R.G.M.	Bureau de Recherches Géologiques et Minières
C.M.	Cote au-dessus du Zéro des Cartes Marines
C.N.E.X.O.	Centre National pour l'Exploitation des Océans
C.N.R.S.	Centre National de la Recherche Scientifique
D.D.E., E.	Direction Départementale de l'Equipement, Services de l'Equipement
E.D.F.	Electricité de France
E.P.H.E.	Ecole Pratique des Hautes Etudes
E.R.T.S.	Earth Resources Technology Satellite
G.D.T.A.	Groupement pour le Développement de la Télédétection Aérospatiale
I.G.B.A.	Institut de Géologie du Bassin d'Aquitaine
I.G.N.	Institut Géographique National
I.N.R.A.	Institut National de la Recherche Agronomique
Landsat	Acronyme désignant les satellites E.R.T.S. (pour satellites d'étude des terres, land/sat)
L.C.H.F.	Laboratoire Central d'Hydraulique de France
L.C.P.C.	Laboratoire Central des Ponts et Chaussées
M.E.	Marée de morte eau
m	moyenne
ms.	manuscrit
N 137	Route entre Rochefort et La Rochelle (St-Malo - Bordeaux)
N.A.S.A.	National Aeronautic and Space Administration
N.G.F.	Nivellement Général de la France
N.O.A.A.	National Oceanographic and Atmospheric Administration
P.M.	Pleine Mer
P.M.F.	Ports Maritimes de France
Radar	Acronyme de «Radio Detecting and Ranging»
R.N.	Repère de Nivellement
R.N. 11	Route entre Rochefort et Surgères (Poitiers - Rochefort)
S.H.O.M.	Service Hydrographique et Océanographique de la Marine
Skylab	Acronyme de Laboratoire du Ciel (Sky/Lab.)
T.V.	Télévision
U.N.I.M.A.	Acronyme de «Union des Syndicats de Marais de la Charente Maritime»
V.E.	Marée de vive eau
V.E.E.	Marée de vive eau exceptionnelle

AVANT-PROPOS

Le littoral de la France de l'Ouest, de la Baie d'Audierne à la frontière espagnole, se caractérise par l'abondance des formes de relief construites par la mer, surtout dans sa partie méridionale. Dans cet ensemble de formes, les échancrures du bâti rocheux du littoral ont été colmatées par des sédiments sablo-vaseux, pendant et surtout après la transgression flandrienne. Actuellement, les wadden ainsi formés sont devenus des marais maritimes protégés de la mer à l'ouest par des cordons de sables ou de galets, ou des digues artificielles.

Dans le nord du Bassin Aquitain, les zones déprimées par suite du rejeu d'accidents du socle, de sa couverture et de l'action de l'érosion, ont été remblayées en Poitou, Aunis et Saintonge. De forme triangulaire (bassin de Rochefort), trapézoïdale (marais de Brouage) ou rectangulaire (Seudre) les Marais Charentais interposent, entre la mer et les plaines calcaires du Centre Ouest, des contrées argileuses aussi verdoyantes au printemps que jaunâtres à la fin de l'été et à blanc d'eau l'hiver. En ces vastes espaces très faiblement inclinés, le moindre excès dans les précipitations entraîne l'inondation, le moindre déficit suscite l'aridité, surtout là où le réseau de canaux n'a pas encore été rénové, pour des raisons tant sociales que naturelles.

Les hauteurs qui encadrent les marais, aussi bien que les îles du marais de Rochefort paraissent être dues le plus souvent à des lithoclases, même si des contrastes lithologiques viennent ça et là armer une pente plus vigoureuse : le bombement anticlinal de l'Aunis, la gouttière synclinale de la basse Charente, le bombement anticlinal de Brouage représentent des plis de type posthume, affectés de failles et de flexures qui ont pu rejouer à différentes reprises. L'inversion du relief par rapport à la structure, même modeste, semble être un trait caractéristique : demi-bray de Brouage, position de la Seudre au pied d'une cuesta compliquée par de nombreux accidents brisants.

A l'intérieur de ce bâti structural sculpté par l'érosion, la mer a progressivement déposé des éléments fins, indices d'une sédimentation en milieu abrité. La cote atteinte par ces marais est estimée à 3 mètres au-dessus du Zéro du Nivellement Général de la France, mais la précision métrique est bien insuffisante pour mesurer l'altitude d'un marais maritime : cette imprécision est d'ailleurs un indice du faible intérêt qu'ont suscité jusqu'ici ces marais. Des documents historiques révèlent quelques-unes des variations de la ligne de rivage devant les atterrissements d'origine marine qui comblaient progressivement les échancrures du littoral. Tant et si bien qu'on observe aujourd'hui un littoral orienté nord-sud alors que les axes structuraux majeurs se dirigent du sud-est au nord-ouest.

Retracer l'histoire de cet alluvionnement s'effectue en faisant appel aux diverses méthodes de la stratigraphie : minéralogie, sédimentologie, micropaléontologie, palynologie, et de la préhistoire ; ces techniques classiques fournissent des indications précieuses, après une préparation souvent longue et sophistiquée, voire coûteuse. Mais des méthodes nécessitant des moyens plus simples, comme la planimétrie et l'altimétrie de précision, pratiquées avec l'esprit critique et l'«intelligence statistique» que préconisait déjà A. de CANDOLLE en 1855 permettent d'aboutir à des résultats souvent fondamentaux. De plus, ces techniques ne détruisent pas **la structure géographique de l'espace.**

Enfin, en ces milieux où l'histoire de la Terre se confond avec celle des hommes, une place toute particulière est à faire à l'archéologie géographique, à l'emprise des sociétés humaines sur l'espace, à leur rôle dans l'alluvionnement et la géomorphologie, qui se poursuit de nos jours. Comment confondre dans la même unité les plats marais à herbages et labours au nord-est de la Charente, le musée en plein air d'exploitations salicoles abandonnées des marais de Brouage, le fin treillis des diguettes enserrant les claires argentées des marais de la Seudre ?

Les Marais Charentais ont déjà fait l'objet de travaux scientifiques au début et au milieu du XXème siècle (résumés analytiques in R. REGRAIN, S. DELAMAIRE, M.T. GOURET, 1973). A côté de publications contenant d'inévitables approximations, particulièrement flagrantes chez A. PAWLOWSKI (1901 à 1909), la thèse d'A. PASSERAT consacrée aux plaines du Poitou (1909) fait le point des connaissances sur le marais de Rochefort au tournant du siècle : la platitude du relief, les grands traits de l'évolution géomorphologique sont évoqués, mais la région reste marginale par rapport au sujet traité. Les études géologiques consacrées au bri, que C. FLEURIAU de BELLEVUE (1803 à 1838) et A. de QUATREFAGES (1853 à 1882) avaient rapidement évoquées, trouvent en Jules WELSCH (1910 à 1927) un analyste sérieux et un géologue de talent : il définit dès 1910 l'«argile à Scrobiculaires», en cartographie l'extension avec précision, reprenant en partie les tracés anciens de A. BOISSELIER (1881 à 1896). Si le bri est correctement cartographié, la composition minéralogique reste assez mal connue et sa profondeur ignorée : il est vrai que l'accès dans les marais était assez difficile.

Chercheur honnête et scrupuleux, L. PAPY (1941) reprend la question et assure dans le cadre d'une thèse complémentaire de géographie, la synthèse des connaissances sur le littoral d'entre Loire et Gironde. Le climat et les eaux, la bordure du continent, le travail de la mer et des vents constituent les thèmes principaux de son étude ; sur les cent quarante pages environ concernant la côte et les marais, il n'en est guère qu'une vingtaine au plus qui soient consacrées à la région entre La Rochelle et la Seudre : les marais poitevins et bretons semblent retenir davantage l'attention. Pourtant, la plupart des thèmes de la géomorphologie littorale sont abordés : la dynamique du trait de côte - mais les cartes de Claude MASSE ne sont pas utilisées - est subordonnée à l'étude des facteurs de la morphogenèse, marées, houles, induisant les transports sédimentaires. L'étude reste qualitative mais la plupart des phénomènes importants sont évoqués, leur action discutée. L'importance du bri est reconnue, sa grande épaisseur établie ; le littoral décrit «de visu» et avec précision ; cette géomorphologie est replacée dans un cadre hydrologique et biogéographique où l'homme est intégré. Pourtant, si passionnante que soit cette étude régionale, la géomorphologie des marais n'est guère traitée : sur les dix-sept pages les concernant (p. 136-153), il est davantage question de la géologie du bri et des îles et cordons littoraux que de la géomorphologie des marais. Replacée dans son époque, cette étude parfaitement classique, complétant ça et là les observations géologiques est cependant novatrice par la place accordée aux agents dynamiques, au milieu vivant et à l'activité humaine.

Vingt ans plus tard, dans sa vaste fresque sur les Pays Aquitains, H. ENJALBERT (1960) traite aussi des terres basses du nord-ouest de l'Aquitaine (p. 145-233). Son travail se situe à une époque où «depuis un quart de siècle nos moyens d'investigation se sont singulièrement accrus» (p. 9) : cartes, photographies aériennes ; la voiture individuelle, les campagnes répétées, le survol aérien ouvraient de nouvelles perspectives. La problématique est elle aussi différente : il s'agit d'étudier le modelé et les sols. Comme chez PASSERAT, le cadre géographique est trop vaste pour que les marais d'Aunis et de Saintonge fassent l'objet de soins particuliers. En une dizaine de pages, l'auteur affirme l'opposition entre marais mouillés et marais désséchés, qu'il cartographie (figure 27, p. 161), tout en notant que cette opposition tolère des nuances en raison de l'établissement de salines. Dans l'étude régionale qui suit, l'originalité de chaque marais est soulignée : il note une opposition entre l'est et l'ouest des marais de Rochefort, affirme la disposition convexe (relevée au centre) du marais de Brouage où il signale des tourbes près de la bordure orientale, caractérise les marais de la Seudre par la juxtaposition de marais mouillés près de Saujon et de Mornac et d'anciens marais salants plus ou moins transformés en claires, distingue dans la vallée de la Charente des marais maritimes en aval de Soubise et des marais fluvio-marins de Soubise aux environs de Saintes où s'est constitué «une sorte de delta de la Charente en lieu et place du marais mouillé» (p. 169). Pour lui, le bri est issu principalement de dépôts meubles installés sur le plateau continental actuel lors des phases de bas niveau marin (Quaternaire moyen et Pléistocène supérieur), mais «une partie du bri de la Mer des Pertuis serait d'origine girondine ou ligérienne» (p. 211). Ce dépôt holocène, d'âge flandrien, recouvrant des tourbes - mais aucun sondage n'est reproduit, aucune datation n'est publiée les concernant -, s'est poursuivi jusqu'au Dunkerquien (après le IIIème siècle de notre ère). Il en voit une preuve dans les trouvailles faites à l'écluse de Biard (POLONY, 1882, objets datés alors du Néolithique) et l'Arc de Triomphe de Saintes, enterré dans 1 à 1,20 m de limon - mais qui a été déplacé (p. 218). Il voit dans la ruine des marais salants de Brouage un indice d'une régression vers les XV -

XVIIème siècle, attestée aussi par le tassement des marais mouillés (p. 220-221). Son étude se termine par l'analyse de la composition du bri, de sa couleur, de ses aptitudes agronomiques et des possibilités d'amélioration.

Par cette brève évocation, on voit quelle est la diversité des problèmes qui peuvent justifier l'étude des Marais Charentais ; sans doute en raison de la taille de l'espace étudié et de l'époque de rédaction, les analyses de laboratoire sont rares et les conclusions appuyées sur des faits observés dans la région bordelaise le plus souvent ; cependant, les Marais Charentais étaient largement tirés de l'oubli.

Dans un esprit très différent, F. VERGER, (1968) reprend l'étude des marais maritimes de la façade atlantique de la France, en les associant aux wadden qui les prolongent vers la mer et constituent les phases initiales de la création de marais maritimes. Formé à l'école néerlandaise, privilégiant les analyses granulométriques, pédologiques, le souci d'accumuler des informations originales pour parvenir à une étude statistique et cartographique ayant valeur de géographie générale, F. VERGER établit des faits nouveaux et discute les opinions déjà émises. Il souligne rapidement les contraintes structurales, la profusion d'îles et de caps, insiste surtout sur la morphologie anthropique des marais de la Seudre et de Brouage, la composition du bri et son évolution pédologique ; une carte (p. 351) souligne que la disposition topographique du marais de Brouage indiquée par H. ENJALBERT ne se retrouve pas sur les cartes à 1/50 000 ; enfin rien dans la topographie des marais «n'est incompatible avec une stabilité du niveau marin depuis le maximum de la transgression flandrienne». Mais les Marais Charentais ne sont étudiés que de façon marginale : le Marais Poitevin donne lieu à un chapitre plus nourri (25 pages au lieu de 9). De toute façon, c'est à une découverte d'un milieu malgré tout encore mal connu en raison du renouveau scientifique que procède F. VERGER, qui parvient à des conclusions relevant de la géographie générale. Dès lors, la voie était tracée pour une étude plus localisée, moins générale et peut-être plus «pratique».

C'est donc en plein accord avec M. Fernand VERGER - qui devait soutenir sa thèse quelques semaines plus tard - que notre maître de la Sorbonne, M. le Professeur André GUILCHER proposa l'étude géomorphologique des Marais Charentais. Associés pour le choix du sujet, nos maîtres le furent aussi pour faciliter l'avancement d'un travail pour lequel un service pléthorique d'enseignement a constitué une contrainte majeure.

Bien qu'absorbé par des tâches multiples et des déplacements fréquents, le Professeur A. GUILCHER a toujours pu nous consacrer quelques crédits de mission (dans le cadre de l'Equipe de Recherche Associée au C.N.R.S. no 345 : Géographie des mers et des côtes dans l'Atlantique et ses mers bordières), nous recommander auprès de divers laboratoires, dont le Laboratoire associé no 141 du C.N.R.S. (Professeur P. BIROT) et le Centre de Géomorphologie du CNRS (Professeur A. JOURNAUX), obtenir du Laboratoire des Faibles Radioactivités de Gif de nombreuses analyses au Radiocarbone, suggérer au fur et à mesure des rédactions successives du manuscrit des compléments indispensables, souligner des analogies cachées, ouvrir des directions de recherches fructueuses, accepter enfin une orientation d'exposé moins classique qu'on aurait pu l'espérer. Après tant d'autres de ses élèves, je ne puis que me louer de tous ses efforts et lui exprimer ma profonde et respectueuse gratitude.

C'est cependant dans l'équipe qu'animait le Professeur F. VERGER, à l'Ecole Pratique des Hautes Etudes comme à l'Ecole Normale Supérieure, que j'ai trouvé une ambiance propice à la recherche et permettant de fructueux échanges de vues avec des collègues non géographes ; j'ai pu profiter de moyens techniques le plus souvent inédits en géographie, de méthodes originales, de contacts enrichissants. Toujours, sa disponibilité, son inlassable patience, son dynamisme m'ont été d'un grand secours pour surmonter des handicaps accentués par l'éloignement géographique. Je reste confondu devant cette dette de reconnaissance et toute expression de remerciement est sans commune mesure avec la gratitude que toujours je lui devrai.

Sur le terrain, en Charente Maritime, à Paris, à Dinard et à Amiens, bien d'autres personnes ont pu m'apporter conseils, informations, documents, me libérer de charges diverses qui auraient encore retardé cet ouvrage ; leur accueil souvent chaleureux n'a pas été le moindre attrait de ce travail. La plupart seront cités dans le corps du texte, mais nous voudrions que C. GABET de Rochefort, soit tout particulièrement remercié : poursuivant en amateur des recherches sur les marais, il nous signalait tous les travaux, prélevant des échantillons, obtenant des datations C14, signalant des textes ou des cartes extraites des Archives départementales, etc... : un dynamisme à toute épreuve, combien

*précieux lorsqu'on réside à 600 km de son terrain de recherches ! A Dinard comme à Paris, les collaborateurs du Laboratoire de Géomorphologie de l'Ecole Pratique des Hautes Etudes et du Laboratoire de Géographie de l'Ecole Normale Supérieure (Montrouge) ont souvent été mis à contribution ; à l'Université de Picardie, les Présidents D. TADDEI, R. PEREZ et B. ROUSSET nous ont aidé dans la mesure de leurs moyens, et le personnel administratif * a souvent facilité ces travaux au-delà de son service normal ; parmi les collègues, E. FLAMENT a assuré d'un œil critique la lecture des formes successives de la rédaction. Que chacun en soit remercié.*

Mais c'est sur le terrain que nous avons rencontré le plus de collaborateurs : conducteurs de travaux, paysans, ostréiculteurs, administrateurs ; comme toute recherche géographique, ce travail doit beaucoup aux informateurs locaux et nous souhaiterions leur exprimer nos remerciements.

Nous avons dû solliciter bien des concours auprès de la Communauté scientifique, pour des analyses de laboratoire, l'initiation à de nouvelles méthodes, etc... Chacun dans son domaine, Madame M. TERS, M. le Doyen A. JOURNAUX, M. C. KLEIN, en géographie, Madame N. PLANCHAIS, Madame M.T. MORZADEC-KERFOURN, M. B. BASTIN, Mme DENEFLE, en palynologie, M. R. d'HOLLANDER pour la topographie, M.C. CAZABAT pour les photographies aériennes, MM. F. VIGNON et J.M. COUDERC pour la botanique, MM. A. RIVIERE et L.R. LAFOND pour la sédimentologie, L. LE RIBAULT pour l'exoscopie, J.J. FLEURY pour la paléontologie, J. RUDELLE pour la mécanique des sols, MM. J. DUPUIS, R. NIJS et J. DUCLOUX pour la pédologie, Y. THOMAS, grâce à qui j'ai pu utiliser des programmes mis au point au Laboratoire de Statistique de l'Université de Paris, J.M. MONGET, M. ALBUISSON du Centre de Télédétection de l'Ecole des Mines, bien d'autres encore ont pu nous consacrer un peu de leur temps : qu'ils en soient sincèrement remerciés.

*L'illustration graphique doit beaucoup à Mme J. DÉSIRÉ-MARCHAND**, *auprès de qui j'ai souvent trouvé le conseil pratique, l'aide technique précieuse, qui a pu réaliser certains croquis, en achever d'autres, superviser enfin l'ensemble de l'illustration graphique (où la lettre doit beaucoup à Mme A. GACQUER).*

Enfin, Mmes C. BRESSOLIER, J. LAVASSO, R. MORLIERE, A.-M. VERGER ont assuré successivement la correction des épreuves du texte, composé à l'Imprimerie Valade à Amiens. Le Conseil Général de Charente Maritime, le Centre d'Etudes Géographiques, la Station d'Etudes en Baie de Somme (Université de Picardie), la Chambre de Commerce et d'Industrie de La Rochelle, M.J. DENOYELLE, Délégué Régional à l'Aquaculture entre Vilaine et Gironde, les Editions Technip, l'I.G.N. et le G.D.T.A, ont favorisé la réalisation matérielle de cet ouvrage. Qu'ils veuillent bien trouver ici l'expression de nos remerciements.

Tous ceux que je viens de citer et bien d'autres encore, notamment parmi les plus proches, savent ce que cette étude leur doit. Puisse-t-elle être digne de leurs espoirs, voire de leurs sacrifices.

* En particulier, Mme FETRÉ et Mme PETIT, qui nous ont aidé dans des circonstances difficiles.

** Laboratoire de Cartographie, U.E.R. des Sciences Historiques et Géographiques de l'Université de Picardie.

INTRODUCTION

Les Marais Charentais représentent l'un des trois espaces fondamentaux du littoral du centre-ouest atlantique : falaises, plages et marais se succèdent ainsi, depuis Nantes jusqu'à Bordeaux, et c'est d'ailleurs ce cadre qu'avait naguère choisi L. PAPY pour son étude sur la côte atlantique entre la Loire et la Gironde (L. PAPY, 1941). Une génération après, une partie de l'étude de ce littoral a pu être reprise grâce à la conjonction de trois tendances : d'une part, l'espace littoral charentais et singulierement ses marais, restait relativement peu étudié, malgré le foisonnemet bibliographique (R. REGRAIN, S. DELAMAIRE, M.T. GOURET, 1973) ; d'autre part, la science géomorphologique de la seconde moitié du XXème siècle, sous l'impulsion de P. BIROT, A. GUILCHER et J. TRICART en particulier, envisage l'espace de façon différente que durant l'entre deux guerres ; ensuite les méthodes et moyens de la recherche sont devenus si particuliers, malgré une base commune, qu'il devient urgent d'entreprendre des travaux de géographie physique en France et singulièrement sur le littoral ; enfin la rénovation en cours des Marais Charentais ne peut plus guère s'effectuer au jour le jour sans référence scientifique.

I - UN MILIEU ENCORE IMPARFAITEMENT CONNU

Que les Marais Charentais depuis La Rochelle jusqu'à Royan demeurent de nos jours encore assez mal connus du point de vue scientifique, cela ne doit pas surprendre. En effet, cet angle mort de l'espace français, à l'écart des grands axes routiers et ferroviaires *(figure 1)*, difficilement colonisé depuis une modeste frange touristique, assez réduit en surface et victime de l'association qui se fait dans l'esprit de beaucoup entre marais, marécages, sables mouvants et foyers de pestilence restait naguère encore difficilement pénétrable. A propos de Rochefort, R. RENARD (1971, p. 616) écrit : «longtemps, la ville conserva l'aspect d'un campement autour d'un marais pestilentiel» ; J.M. DEVEAU (1974, p. 112) indique qu'au milieu du XIXème siècle «on remuait une infecte vase où pullulaient les miasmes, et les populations marginales grelottaient de fièvre dans une misère sordide» (sic).

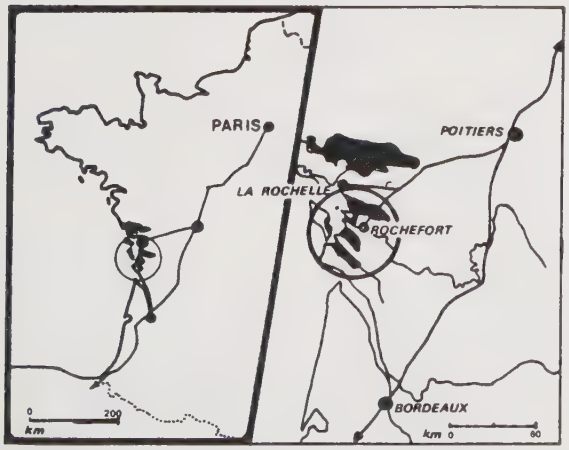


Figure 1 :
Situation de la région étudiée

Les marais couvrent une superficie de 80 000 ha environ en Charente Maritime, dont environ les 2/3 (54 000 ha) sont effectivement étudiés ci-après : *tableau 1*

Cette étude ne retient que les marais situés sur le rivage continental de la Charente-Maritime : littoral rochelais (Aytré, Angoulins, Chatelaillon), bassin de Rochefort (marais d'Yves, Voutron, Muron, Genouillé et de la basse Charente), marais de Brouage, marais de la Seudre ainsi que les marais d'Arvert et de Saint Augustin. Sont exclus les marais girondins, dont la géomorphologie est sous l'influence des variations du vaste estuaire commun de la Garonne et de la Dordogne ;ce dernier a fait récemment l'objet d'études hydrodynamiques et sédimentologiques très complètes à l'Institut de Géologie du Bassin d'Aquitaine, en particulier la thèse de G.P. ALLEN (1972) consacrée à l'«Étude des processus sédimentaires dans l'estuaire de la Gironde (France)» ; l'étude de ces marais serait inséparable de celle des marais de la rive droite et de l'estuaire de la Gironde. Les marais oléronais, 5 500 ha environ, sont en principe exclus, bien que de nombreuses comparaisons puissent être effectuées avec les marais de Brouage et de la Seudre auxquels ils peuvent être assimilés. Enfin la partie charentaise du Marais Poitevin ne sera pas étudiée pour elle-même : la coupure de ce vaste ensemble à la Sèvre se justifierait encore moins que celle qui aurait pu être tracée au milieu de la Gironde. Ainsi définis, les marais se disposent sur la bordure continentale de la mer des Pertuis, entre le Pertuis d'Antioche (qui sépare les îles de Ré et d'Oléron) et le Pertuis de Maumusson (entre Oléron et Arvert). Il a semblé que l'unité profonde de ces marais provenait d'une communauté d'évolution

Marais	Superficie	Référence
Bassin de Rochefort	18 000 ha	CERAFER 1967-1968
Marais de Brouage	11 500 ha	Off. dép. lutte contre les moustiques
Baie de Seudre	12 000 ha	(estimations)
Arvert et Saint Augustin	2 000 ha	
Littoral rochelais (1)	964 ha	Off. dép. lutte contre les moustiques
Oléron	5 500 ha	
Rives girondines (2)	1 565 ha	
Sud du Marais poitevin	1 600 ha	

(1) Marsilly, Lauzières, Pampin, Tasdon, Aytré, Chay, Chatelaillon
(2) y compris les marais de Saint-Augustin est, l'Aubat et Eguille

Tableau 1 :
Superficie des Marais Charentais

hydrodynamique : ce sont des marais de fond de baies triangulaires ouvertes à l'ouest, protégés des houles du large par les hauts fonds de Rochebonne et les bastions rocheux des îles de Ré et d'Oléron.

D'autre part, cette étude se limite pour l'essentiel à l'étude des marais littoraux, c'est-à-dire à des terres basses, formées de sédiments récents d'origine essentiellement marine, séparés de la mer par une levée naturelle ou une digue, et qui seraient recouvertes par les marées de fort cœfficient en l'absence de cette protection. En avant des marais, sur les wadden (F. VERGER, 1968) se poursuit une sédimentation inégalement active suivant les cœfficients de marée, l'altitude déjà atteinte par le colmatage, les conditions locales d'abri hydrodynamique. Sont donc exclus les marécages fluviaux ou estuariens, dus au mauvais drainage ou au colmatage incomplet d'une dépression, dont les formations caractéristiques sont un mélange d'argiles, de sables et de tourbes plus ou moins individualisées.

L'existence d'une nappe d'eau stagnante et permanente, persistant parfois en raison d'aménagements défectueux, a longtemps freiné l'installation humaine dans ces régions. De nombreuses légendes y ont successivement localisé des animaux dangereux (serpents, loups, etc...) puis des proscrits (Colliberts, cf. DIENNE, 1892 ; LOTH, 1923) enfin des paysans un peu arriérés (J. VERNE, 1868). De nos jours encore, l'accessibilité des marais est médiocre, comme l'indiquent la *figure 2* et le tableau suivant donnant la distance des parcelles à la route empierrée la plus proche.

Distance	Nombre de parcelles %	Surface %
0 - 200 m	34,4	29,1
200 - 500 m	17,3	16,1
500 - 1000 m	25,8	29,8
1000 m et plus	22,5	25,0

Tableau 2 :
Distance à la route empierrée de 267 parcelles du Marais de Rochefort
(CERAFER, 1968)

De plus, la qualité des accès aux parcelles est fort médiocre en partie à cause du regroupement de parcelles en «quartiers», utilisés par un même exploitant et n'ayant qu'un accès à la voirie publique. Pour le marais de Rochefort, le CERAFER a établi le tableau suivant :

Nature du chemin d'accès	% Nombre de parcelles	% surface couverte
route empierrée	27,4	22,2
levée praticable	48,1	49,5
levée impraticable	3,00	2,3
pas d'accès	21,5	26

Tableau 3 :
Fréquence et qualité des accès aux parcelles du Marais de Rochefort
(CERAFER, 1968)

On observera sur la *figure 3* que cette constatation est valable aussi pour le bassin de Brouage ; il en est de même dans la Seudre où les salines de la prise de Pelard par exemple sont éloignées de près de 2,5 km de la route goudronnée de Luzac, distante de 1 300 m à vol d'oiseau.

La médiocrité de l'accessibilité ainsi que la véritable désertification d'un espace qui fut naguère plus prospère (R. REGRAIN, 1977 a) sont en partie responsables de l'existence, entre La Rochelle et Royan, d'un espace peu connu.

Pour A. THIBAULT, étudiant l'analyse des espaces régionaux en France depuis le début du siècle (1972), le centre-ouest appartient pourtant au «domaine de la connaissance esquissée» ; le littoral charentais grâce à A. PASSERAT (1909), L. PAPY (1941), H. ENJALBERT (1960) fait même figure de région où la connaissance est «approfondie» (de 24 à 43,9 pages de texte par canton). Mais la connaissance du milieu physique est bien plus réduite que ne le laissent supposer ces chiffres, car les thèses citées ne portent pas exclusivement sur la géographie physique (H. ENJALBERT excepté) et jamais

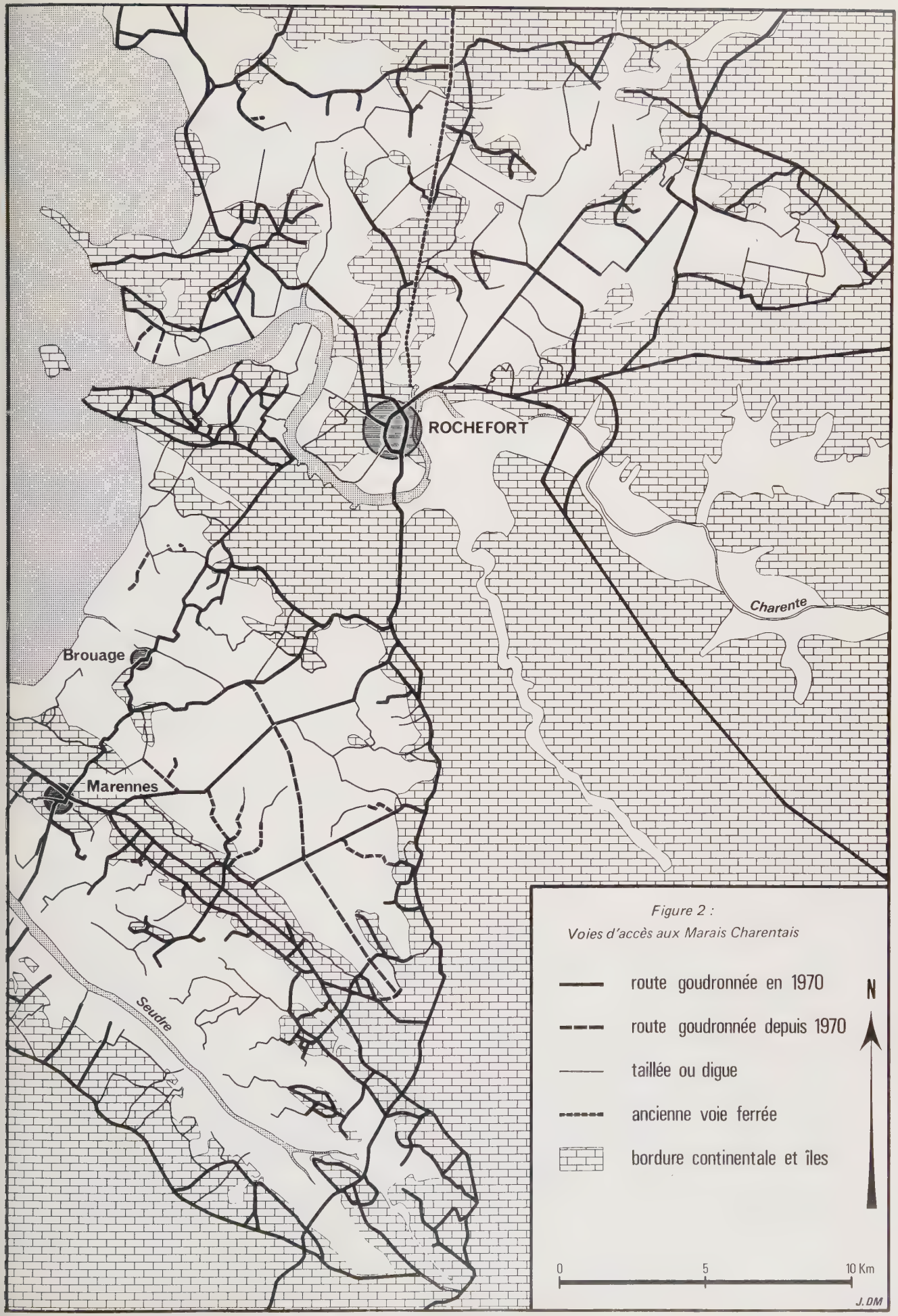


Figure 2 :
Voies d'accès aux Marais Charentais

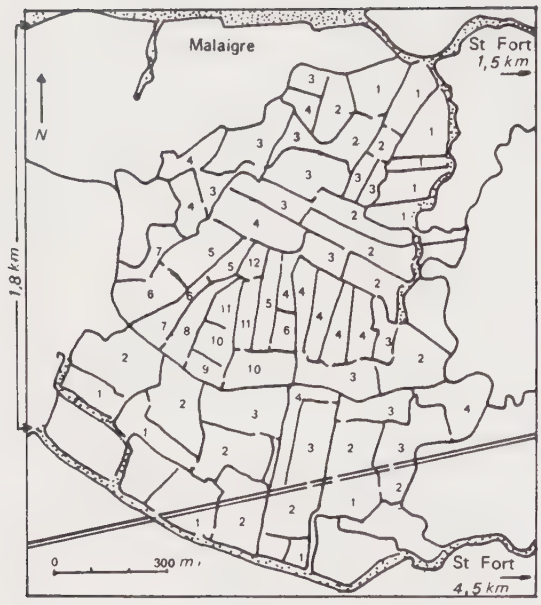


Figure 3 :

Enclavement des parcelles dans le marais de Brouage

Les chiffres indiquent le nombre de parcelles à traverser depuis les chemins d'accès ou «taillées» (en pointillés)) (voir aussi figure 103)

sur le seul littoral charentais, étudié soit avec le Poitou (A. PASSERAT), soit avec le littoral de la Loire à la Gironde (L. PAPY) et même avec l'ensemble du Bassin Aquitain (H. ENJALBERT). Hors de ces thèses «régionales», une thèse de géographie générale comme celle de F. VERGER ne consacre que 9 pages aux marais charentais et 12 pages aux wadden de la Mer des Pertuis * .

A côté des thèses de géographie, on a pu recenser, dans une bibliographie du littoral de la pointe du Payré (Vendée) à la pointe de la Negade (Gironde) jusqu'en 1971 et comportant 713 numéros, plus de 305 références qui concernent effectivement le littoral retenu ici. Mais la plupart d'entre elles renvoient à des articles d'ordre archéologique ou historique, et malgré les remarquables travaux de J. WELSCH (1910 à 1927), rares étaient avant la période récente les études directement utilisables en géomorphologie.

Cette relative faiblesse de la connaissance géographique du littoral du Centre-Ouest est due à la conjonction de deux phénomènes : la modestie de la production en géomorphologie littorale jusqu'aux travaux de A. GUILCHER (1948 et 1959), jointe à l'orientation continentale et coloniale de la recherche géographique et d'un autre côté l'existence d'une problématique scientifique d'inspiration davisienne et «martonnienne» pour laquelle les choses du littoral représentaient à la fois un domaine fascinant et complexe : «il n'est pas besoin d'être spécialiste pour les (les vagues) rendre responsables de tous les détails qui frappent au bord de la mer ; le géographe doit faire lui-même effort pour ne pas oublier que les formes littorales résultent généralement de la transformation de formes continentales par l'action de processus spéciaux» (E. de MARTONNE, 1952, p. 971).

* illustrées de 3 photos, 4 cartes, 1 diagramme.

II - LA NOUVELLE PROBLÉMATIQUE GÉOGRAPHIQUE

Après la «période davisienne», la géographie française vit, selon A. MEYNIER (1969), «le temps des craquements» ; la multiplication des sollicitations et des chercheurs a entraîné une diversification des approches. Trois courants de pensée géographique paraissent justifier qu'une thèse de géographie ne porte que sur un espace réduit : l'importance de l'expression cartographique, la situation de la géographie française, la primauté des structures taxonomiques enfin.

a) l'expression cartographique :

L'expression graphique fut l'une des caractéristiques des ouvrages géographiques puis, les conditions de l'impression ont rendu onéreuse une illustration souhaitable et souhaitée. C'est sans doute la raison pour laquelle souvent le langage graphique est rarement envisagé pour lui-même, mais plutôt comme une sorte de **traduction graphique du langage écrit** : la carte fait alors figure de résumé commode et synthétique, de moyen «pédagogique» d'exposé final. Il semble que de nos jours cette conception doive être dépassée : en effet, la carte fait toujours apparaître des relations spatiales entre phénomènes que le discours écrit ne montre pas toujours. Dès lors, démarche littéraire et démarche graphique doivent être simultanées, concomitantes, surtout en géographie, où «toute notion qui n'est pas susceptible d'un croquis reste une notion floue» (P. BIROT, in M. ARCHAMBAULT, R. LHENAFF, J.R. VANNEY, 1965, p. 6). La réalisation de nombreux croquis, si elle a pris beaucoup de temps, a aussi permis de «prendre conscience de certains phénomènes ou de certaines relations insuffisamment étudiés dans le texte, et à remanier celui-ci». (J.P. PINOT, 1974, p. 11). On n'a donc pas hésité à multiplier croquis et graphiques, quand bien même leur nécessité peut ne pas apparaître d'emblée. Chaque fois le graphique s'est révélé être un véritable instrument de recherche (J. BERTIN, 1967, 1977) faisant ressortir :

. des relations fonctionnelles et spatiales nouvelles
- des lacunes dans les connaissances.

Ainsi, la carte ou le graphique peut être considéré comme un instrument de recherche, et non plus seulement de formulation synthétique des résultats. Elle accompagne et précède la rédaction : le rapport expression cartographique / expression écrite est alors inversé. Quelques-uns de ces graphiques, ayant en eux-mêmes leur propre logique peuvent s'apparenter à la famille des «cartes de base» publiées par les services géographiques nationaux ; ils apparaissent comme des modèles graphiques du terrain.

Enfin, la carte peut être conçue comme un schéma ou un modèle «permettant à la fois de poser le problème et d'en formuler les réponses» (F. VERGER, E. AUPHAN et Cl. MONIOT, 1972) ; la réalisation d'un tel modèle suppose, pour l'instant, un travail à une échelle qui puisse intégrer les principaux facteurs mésologiques intervenant en géomorphologie ; les échelles comprises entre le 1/10 000 et le 1/100 000ème paraissent adaptées à ce type de recherche.

b) une «coupure épistémologique» dans la géographie physique ? (figure 4)

La recherche géographique française se caractérise

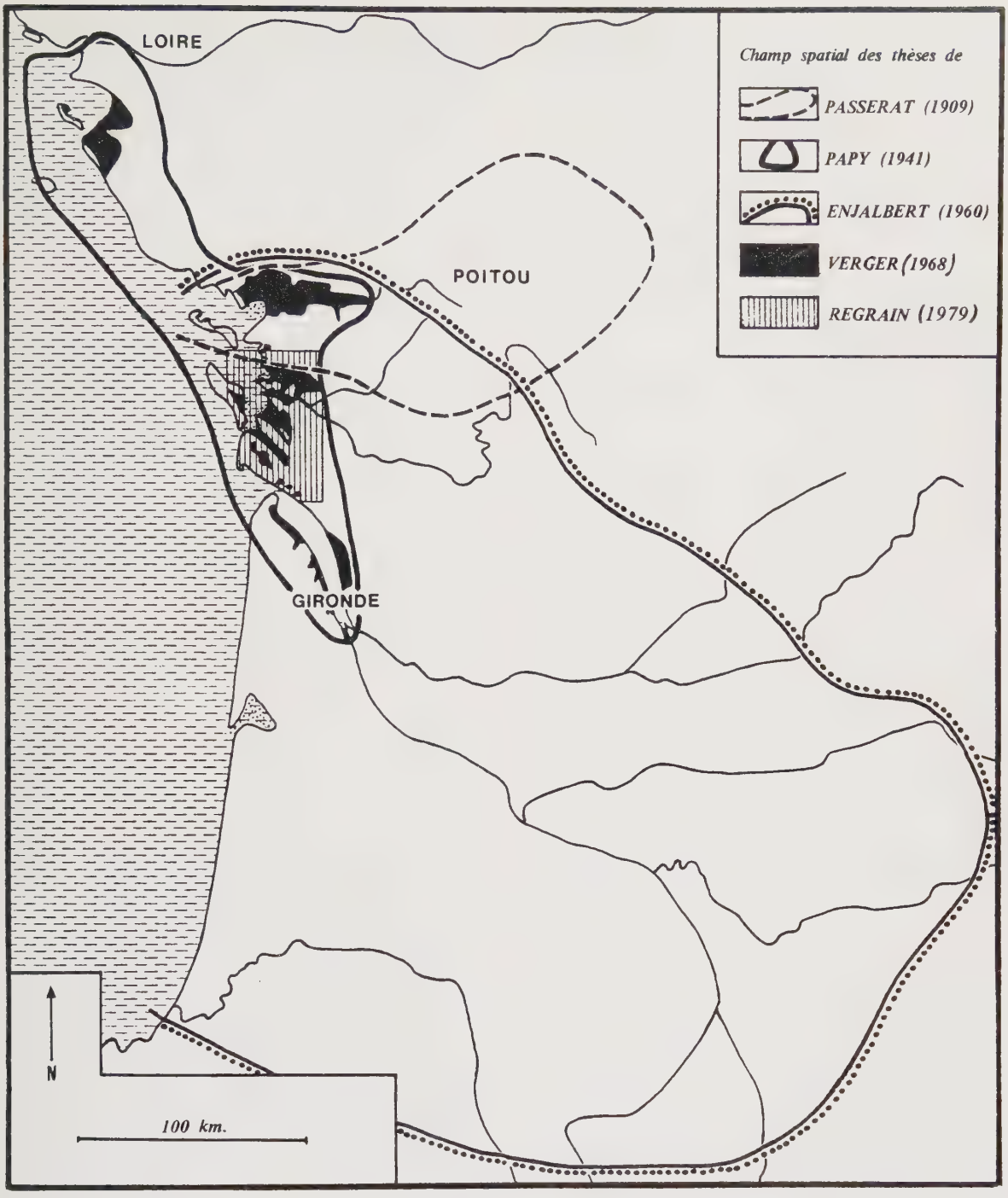


Figure 4 :
Champ spatial des thèses de Géographie intéressant le littoral charentais

par la production de thèses d'un volume respectable, portant sur des espaces assez vastes, comme le montrent les listes publiées par A. THIBAUT (1972, pp. 167-170). Ainsi, le littoral charentais a pu être inscrit dans trois espaces qui se recoupent et trois problèmatiques différentes, suivant qu'on le considère comme la lisière sud des plaines du Poitou (A. PASSERAT, *pro-parte*), la frange nord-ouest de l'Aquitaine (H. ENJALBERT), une subdivision du littoral entre Loire et Gironde (L. PAPY) - points de vue «régionaux» - , ou que l'on s'intéresse surtout à son aspect le plus caractéristique, la présence des marais maritimes (F. VERGER). Pourtant, tout n'était pas connu des Marais Charentais, en grande partie pour des raisons physiques d'accès, mais leur étude ne pouvait être entreprise qu'en ne faisant pas de la surface étudiée l'un des critères cardinaux de l'intérêt de la recherche. Dans une phase préliminaire de «défrichement» des problèmes afférents à un milieu, la dimension même du champ spatial de la recherche par les comparaisons qu'elle suscite permet une certaine compréhension des

faits ; ensuite des études détaillées, portant sur des espaces moins étendus avec d'autres moyens et méthodes de recherches, et sous un autre éclairage peuvent aussi contribuer au progrès de la connaissance. Nous remercions ici MM. A.GUILCHER et F. VERGER qui ont su nous guider dans cette voie.

D'ailleurs, les études menées au Danemark par le Laboratoire de Skalling, aux Pays-Bas et en Belgique par le Landbouwhogeschool de Wageningen ou le Centrum voor Bodemkartering de Gent avaient montré que les plaines maritimes nécessitaient des études minutieuses, employant des techniques sédimentologiques et pédologiques très fines. Pour la plaine maritime flamande, F. LENTACKER a donné une analyse rapide des travaux belges et néerlandais antérieurs à 1960 (1969, publiée en 1972) ; DE JONG (1971) a fourni un schéma d'évolution pour l'ensemble des Pays-Bas. Au début des années soixante-dix, il paraissait donc possible d'appliquer en France les méthodes minutieuses des néerlandophones, de contribuer à la réalisation de cartes pédologiques détaillées, comme J. DUPUIS, R. NIJS, R. SALIN et B. FOURNIER (1968) avaient commencé à le faire sur le Marais Poitevin. A partir des ouvrages classiques de C.D. EDELMAN (1941) et J. AMERIJCKX (1957) s'est en effet développée toute une lignée de pédologues et de géologues de la Plaine Maritime, animée par le Professeur R. TAVERNIER en particulier. Bien que l'obstacle de la langue soit réel , le langage cartographique permet d'exposer les principaux résultats voire les méthodes de travail. A l'analyse sédimentologique fine s'ajoutent des analyses minéralogiques, palynologiques, radiométriques, favorisées par la présence de tourbes à différents niveaux dans les terrains de la plaine maritime. De plus, les documents archéologiques, voire historiques sont mis à contribution : étude des dunes occidentales proches de Bergen (Pays-Bas) (S. JELSGERMA, J. DE JONG, W.H. ZAGWIJN, J.F. van REGTEREN ALTENA, 1970), étude des sols, etc...

Ce rétrécissement du champ spatial de la recherche semblait devoir s'accompagner d'une diversification des méthodes d'étude, orientées d'abord vers les techniques de laboratoire et la topographie de précision, rendues nécessaires par la volonté de faire œuvre utile pour les descendants de l'industrieuse population qui s'affairait autrefois sur le littoral charentais. De ce point de vue, l'opposition entre recherche fondamentale et appliquée semble fallacieuse, dans la mesure où la recherche des causes, des mécanismes et des effets de tous les phénomènes sensibles - ou non - est une des tendances fondamentales de l'esprit humain. Tel aspect peut, dans un contexte précis (dont l'origine est bien souvent politique), devenir applicable s'il est apte à aider à la résolution d'un problème. Dans notre cas, rechercher les cotes d'altitude dans des marais, pour étudier leur répartition et leur signification quant à l'origine de ces marais, peut être considéré comme une recherche fondamentale, désintéressée sinon «gratuite» ; mais le même travail sera indispensable quelques années après, pour les hydrauliciens agricoles, agronomes ou ingénieurs désirant effectuer des travaux d'aménagement. De la même façon, la connaissance la plus précise des géotopes de marais est-elle requise pour l'interprétation des images de télédétection de la Charente Maritime ; le catalogue des signatures spectrales ainsi établi permettra ensuite, à moindres frais, de connaître d'autres marais présentant certaines analogies avec les Marais Charentais.

Rétrécissement du champ spatial et orientation vers la géographie «applicable» (J. BEAUJEU-GARNIER 1971) vont de pair avec le souci de se livrer à une étude intégrée du milieu naturel (J. TRICART, 1972, p. 83). Il a semblé qu'un espace réduit et pourtant original, dont les caractéristiques analytiques essentielles étaient déjà esquissées pouvait servir à une démonstration d'**étude intégrée**, d'autant que le milieu naturel y inclut les résultats de l'action humaine. Mettre en évidence non seulement les divers facteurs physiques, mais aussi les facteurs humains, analyser les expressions spatiales de leurs diverses combinaisons est apparu comme l'essence même de la recherche géographique à mener sur les Marais Charentais.

c) la problématique taxonomique

Cette étude intégrée, sous peine de tomber dans l'abstraction ou la pétition de principe, doit se faire à une échelle «sensible», où suffisamment de facteurs puissent être connus et dont l'appréhension soit à la portée d'une équipe restreinte, voire du seul signataire. L'espace déterminé par les Marais Charentais, moins de 1 000 km^2 appartient à la IVème grandeur de la classification de J. TRICART (1965, p. 63) établie à propos des seuls phénomènes géomorphologiques. G. BERTRAND (1970, p. 195) a établi une classification plus générale à base essentiellement biogéographique, qui a été systématisée par O. DOLLFUSS (1971, pp. 38-39). Les Marais Charentais définissent un géosystème, espace caractérisé par le regroupement en une unité fonctionnelle d'une mosaïque d'éléments d'ordre inférieur «à peu près stable et homogène, du moins dans un espace temps de l'ordre de la centaine d'années» (G. BERTRAND, 1970, p. 201).

En s'inspirant de la classification de G. BERTRAND, modifiée, on peut établir une position taxonomique des Marais Charentais. Cette classification juxtapose une logique dissociative : Planète / Zone / Domaine / «Région Naturelle» et une logique associative (ou agrégative) : Géotope / Géofaciès / Géosystème. La discontinuité entre ces deux démarches, peut être réduite par l'introduction de la notion de «pays» (O. DOLLFUSS, 1971, p. 38). Cette adjonction d'un «pays» entre la Région Aquitaine et les Marais Charentais paraît nécessaire afin d'éviter la multiplication des régions naturelles. Ainsi, le pays charentais correspondant aux anciennes provinces de l'Aunis et de la Saintonge peut-il être inséré dans une présentation taxonomique à sept niveaux *(tableau 4)*.

Dans cette perspective, la thèse d'H. ENJALBERT se situe au niveau 3, celle de L. PAPY au niveau 5 mais étudie le thème littoral dans un autre «pays» qui pourrait correspondre au littoral entre la Loire et la Gironde ; F. VERGER se situe au niveau 6 mais étudie les géofaciès marais (et les géofaciès wadden) de la façade atlantique de la France.

Notre étude se situe principalement au niveau 6, mais oscille en réalité entre les niveaux 4 et 7 dont la prise en compte successive permet l'étude intégrée des Marais Charentais. On pourra y observer que tel schéma, établi à partir de n observations d'un rang taxonomique donné, doit être nuancé voire remplacé lorsque les observations sont faites à une autre échelle. A l'heure de l'Ecologie et de l'Environnement, il est particulièrement important d'éviter la confusion, le mélange des causes et des conséquences à des échelles différentes.

D'autre part, l'échelle des phénomènes affectant les marais maritimes en France n'a aucune commune mesure avec celle que l'on peut employer pour des

1	Zone tempérée de l'hémisphère Nord	Rythmes jours/nuits, saisons, vents d'Ouest.
2	Domaine atlantico-européen	Socle hercynien, façade W d'un continent.
3	Région naturelle aquitaine	Bassin sédimentaire en bordure de vieux socles ; sédimentation détritique superficielle ; étés chauds, secs, orages.
4	Pays charentais, marge N de l'Aquitaine (pour PASSERAT, marge S des plaines du Poitou)	Structure WE à NW/SE ; calcaires : chêne vert ; sécheresse, «midi anticipé».
5	Géosystème littoral E de la Mer des Pertuis	Mer calme, sédimentation et mouvements sédimentaires ; climat littoral.
6	Géofaciès de marais	Accumulation ; problème de l'eau, végétation adaptée et hydromorphologie des sols.
7	Géotopes de marais :	
	marais plats	Herbages et cultures, pacages
	marais gâts	Ruines manufacturières
	marais ostréicoles	Ostréiculture

Tableau 4 :

Position taxonomique de l'espace étudié

études continentales ; il a semblé que seule la prise en compte de ce fait permettait de résoudre les problèmes de ce milieu littoral ; c'est cette considération que je m'efforcerai d'illustrer ci-après.

III - MOYENS ET MÉTHODES DE LA RECHERCHE

Dans un espace ainsi limité, il était nécessaire de faire appel à des méthodes d'investigation très variées et cela nous fut possible grâce à l'appui de M. P. BIROT puis M. A. GUILCHER pour le C.N.R.S. et au dynamisme de M. F. VERGER, spécialiste de géomorphologie littorale, des marais en particulier.

Trois directions principales ont été suivies, avec le souci non pas d'accumuler des observations mais de les ranger dans un modèle en cours d'élaboration. Après une synthèse des connaissances acquises sur la région vers 1975, on présentera une recherche morphométrique et une étude de stratigraphie quaternaire d'une part ; d'autre part, les marais seront étudiés à partir de photographies aériennes multispectrales mais aussi des enregistrements des satellites d'étude des Ressources Terrestres : Earth Resources Technology Satellite 1, lancé le 23 Juillet 1972 et rebaptisé LANDSAT 1, LANDSAT 2, lancé le 22 janvier 1975.

a) la recherche morphométrique :

Contrairement à une opinion couramment admise, il est apparu que les cartes topographiques de l'Institut Géographique National, pourtant d'une qualité remarquable et établies avec le sérieux que l'on sait, ne pouvaient guère que servir de cadre à l'étude topographique de précision. Les cotes portées sur les cartes sont en effet arrondies au mètre, ce qui est généralement suffisant dans les domaines continentaux, mais ne pouvait convenir ici car les principales dénivelées des marais s'inscrivent à l'intérieur de cet intervalle métrique.

De la même façon, la carte à 1/25 000 pour certains problèmes de planimétrie, a dû être remplacée par des tirages à 1/10 000 eux-mêmes complétés à partir de clichés aériens à 1/15 000 et d'enquêtes de terrain.

Il a semblé en effet que la connaissance géographique d'un milieu de marais devait s'appuyer sur une connaissance planimétrique et altimétrique aussi précise que possible. Ces documents cartographiques une fois établis, un certain nombre de problèmes ont pu être traités et on peut estimer qu'un tel travail devient utile alors que l'exploitation des Marais Charentais quitte le stade de l'économie de cueillette, pour celui de l'économie agricole.

b) Les problèmes stratigraphiques :

Fille de la topographie mais aussi de la géologie, une étude de géographie physique ne peut guère se dispenser d'une étude de stratigraphie quaternaire et celle des marais maritimes peut-être moins que toute autre, puisqu'on peut considérer ces secteurs du remblaiement comme des sortes d'archives de l'histoire du littoral. Cependant il a semblé peu utile de travailler exclusivement à partir des méthodes très détaillées d'origine néerlandaise, déjà largement reprises par F. VERGER (1968) ; nous avons donc préféré tester un certain nombre de méthodes sur quelques cas plutôt qu'effectuer une monographie régionale de stratigraphie quaternaire. Enfin, une telle étude ne pouvait être effectuée que dans le cadre du bassin versant de la Charente, régions actuellement immergées comme régions émergées.

Trois lignes directrices ont été poursuivies : la chronologie du remblaiement, l'origine des matériaux, les niveaux atteints par la mer depuis la dernière glaciation. La chronologie du remblaiement a fait appel à quatre types de techniques : la recherche documentaire, cartographique ou historique pour la période récente ; la recherche de témoignages archéologiques pour les périodes gauloises et médiévales ; les techniques paléontologiques au premier rang desquelles figure la

palynologie et les datations radiométriques pour les périodes antérieures.

L'origine du bri charentais doit être recherchée grâce à ses caractères géochimiques et minéralogiques mais la question a perdu beaucoup d'intérêt depuis que des études sédimentologiques et minéralogiques ont pu être menées sur la plate-forme continentale (J.P. BARUSSEAU, 1973 ; M. POULIQUEN, 1975).

Enfin, le problème des niveaux marins sur les rivages d'une mer à marée peut être étudié en comparant les nivellements de précision effectués en certains secteurs des marais et les observations marégraphiques disponibles : les travaux de M. TERS (1973) et de P. PIRAZZOLI (1975) constituent alors une référence commode.

c) L'apport de la télédétection :

Il en est des images tirées des enregistrements de télédétection comme des autres documents graphiques, fréquemment utilisés seulement comme illustration d'un phénomène décrit et non considérés comme des documents susceptibles de traitements scientifiques particuliers. Ces «images» constituent, à travers les caractéristiques techniques de l'appareil et des supports photographiques, un «modèle» du paysage qu'il importe d'étudier pour lui-même.

L'existence fortuite de clichés sensibles à l'infrarouge a conduit à s'interroger sur leur intérêt pour l'étude des milieux humides ; des aspects nouveaux sont apparus, confirmés parfois par les clichés panchromatiques, le plus souvent par les études de terrain.

Cette recherche faite à une échelle voisine du 1/15 000 aurait pu privilégier un aspect très local des phénomènes au détriment de l'ensemble, mais la possibilité d'étudier les données de télédétection a conduit à considérer les problèmes et les paysages à un niveau taxonomique différent, à remettre en cause l'orientation générale du travail, la compréhension des phénomènes enregistrés par des capteurs rendant indispensable l'étude intégrée du milieu naturel et non plus son étude thématique seule. Enfin, la progression des recherches poursuivies dans le cadre de l'équipe FRALIT a conduit à s'interroger, en conclusion, sur les conséquences de l'introduction des données de télédétection pour les études intégrées et pour la géographie physique elle-même.

Ainsi, les pages qui suivent relèvent-elles davantage de la méthodologie que de la monographie, et le plan général découle de ces prémisses. Nous exposerons successivement les grands traits du cadre géographique tels que les méthodes classiques permettent de l'appréhender, comment les Marais Charentais apparaissent selon les méthodes «contemporaines», usuelles dans la seconde moitié du vingtième siècle, et enfin quels sont les aspects de leurs paysages décelables d'après divers traitements des données de télédétection. Ce faisant, nous insisterons davantage sur les méthodes que sur les résultats, car à une époque où la Géographie est en plein renouvellement, il paraît moins utile d'ajouter une monographie supplémentaire, même détaillée, que de fournir quelques moyens ou méthodes de travail, quelques idées ; tout en ne celant pas ce que nous devons aux prédécesseurs : «il ne s'agit pas de renier mais de continuer, de bouleverser mais d'améliorer, de détruire mais d'enrichir» (J. BEAUJEU-GARNIER, 1971, p. 1).

I. LES MARAIS CHARENTAIS
et leurs bordures

1. La périphérie des marais

2. Le prisme littoral charentais

3. L'homme et le prisme littoral

LES MARAIS CHARENTAIS ET LEURS BORDURES

Alors qu'en Saintonge, et peut-être davantage en Aunis la platitude du relief est un thème majeur de la géomorphologie, les surfaces de remblaiement que sont les marais maritimes représentent sans doute ce que l'on imaginerait de plus plan et de plus monotone. Au milieu de terres calcaires, boisées çà et là, développées dans les terrains mésozoiques, les terres de marais tour à tour inondées ou assoiffées, sont d'âge quaternaire, voire historique pour l'essentiel : si les séries sédimentaires régionales ont été étudiées à plusieurs reprises, l'origine même des dépressions aujourd'hui comblées par le bri a moins retenu l'attention.

Ni franchement aquitains, ni franchement poitevins, les Marais Charentais sont exclusivement développés aux dépens d'une épaisse série sédimentaire mésozoique, pour l'essentiel calcaire et marneuse, qui atteint 826 m d'épaisseur au sondage de la porte Bégon à Rochefort (G. LECOINTRE, P. MARIE, H. BOUGEARD, 1956). Cette lithologie est donc propice au développement de vastes dépressions que la transgression flandrienne a comblées. Mais le tracé en plan des marais, le parallélisme de leurs bordures, le tracé rectiligne ou courbe des îles suggèrent que la tectonique a dû aussi intervenir ; il est en effet classique d'associer le promontoire d'Aunis à l'«anticlinal» de La Repentie (L. PAPY, 1941), le golfe de Brouage au bombement anticlinal de Jonzac-Brouage ; à l'échelle de notre étude, comment ces composantes majeures se combinent-elles, et comment intervient la dimension temporelle ? Reconstituer l'évolution anté-flandrienne de cette région charentaise (actuellement littorale) fera l'objet du premier chapitre.

Le second chapitre insistera sur le côté maritime de l'environnement des Marais Charentais, par l'étude des composantes du prisme littoral : mer des Pertuis, estran et trait de côte.

Enfin, en se rapprochant de l'échelle humaine, on recherchera s'il existe un climat spécial des Marais Charentais, différent du climat des bordures, comme il existe dans les marais des paysages très puissamment aménagés, construits par l'homme.

Chacun de ces thèmes pourrait faire l'objet d'une étude détaillée. Il ne s'agit ici que de présenter brièvement le cadre des marais maritimes. La bibliographie est donc largement mise à contribution ; les rares analyses qui ont pu être obtenues ne permettent pas de trancher des questions en cours de révision constante chez les géologues. Néanmoins, chaque fois qu'il était possible, on s'est efforcé d'apporter quelques observations utiles pour reconstituer à grands traits le cadre général des Marais Charentais.

Figure 5 :

Croquis de repérage des termes cités dans le présent chapitre

1 - La périphérie des marais

des topographies d'accueil héritées d'une longue histoire anté-flandrienne.

Les Marais Charentais représentent des bassins de sédimentation actuelle, inscrits dans la bordure nord du Bassin Aquitain. Leur forme en plan est indiquée par les cartes, mais leur profondeur n'est connue que de façon ponctuelle, et l'étude du cadre géologique, indiquant les faciès des roches, leur disposition et leur évolution, permet une première approche de ce problème.

I - LA STRATIGRAPHIE ET LA LITHOLOGIE RÉGIONALES *(figures 5, 6)* *

De la Pointe Saint Clément (Esnandes) à l'estuaire de la Gironde affleurent les terrains du Jurassique supérieur : Séquanien, Kimméridgien et Portlandien ainsi que du Crétacé moyen et supérieur, du Cénomanien au Maestrichtien. Ces deux séries sédimentaires, formées de calcaires et de marnes (Jurassique), de sables et d'argiles à la base, auxquelles succèdent craies et calcaires (Crétacé), sont stratigraphiquement discordantes.

1) La série Jurassique

La série Jurassique a fait l'objet d'études géologiques, en particulier lors des levés des cartes de La Rochelle à 1/80 000 par A. BOISSELIER (1891), G. WATERLOT, J. POLVECHE (1958) ou à 1/320 000 (J. WELSCH, 1913), ou de la carte de Rochefort à 1/50 000 (P. BOURGUEIL, P. MOREAU, 1972).

La description des différentes strates du Jurassique, dans lesquelles on rencontre un ou plusieurs «Banc(s) bleu(s)» a pu entraîner quelques confusions (J. DELFAUD, 1969 ; M. NORMAND, 1970 ; M. CORLIEUX, 1971 ; C. TORRES, 1973).

L'Aunis commence avec les affleurements de Séquanien, au sud du Marais Poitevin. Cet étage comporte, à la base un banc bleu visible dans les falaises de La Repentie, encadré par deux bancs de calcaires ocres plus résistants ; les calcaires à **Montlivaltia** de La Rochelle lui succèdent, calcaires marneux jaunâtres, recouverts par les «calcaires d'Angoulins» dont la partie inférieure est plutôt marneuse (calcaires marneux et marnes calcareuses), la partie supérieure davantage calcaire (calcaires glauconieux, argileux ou gréseux). Cet ensemble comporte des récifs coralliens, fréquents et célèbres à la partie supérieure (J. LAFUSTE, 1956). Jusqu'au nord de Chatelaillon, ces différentes assises affleurent, présentant un pendage moyen de l'ordre de 0,55 gr, pour une strate épaisse d'environ 150 m ; de nombreuses descriptions en ont été données, car les affleurements sont visibles dans les falaises du «Promontoire de l'Aunis», de part et d'autre de La Rochelle ; l'influence de ces faciès sur la géomorphologie régionale a été soulignée, en particulier par L. PAPY (1941).

M. NORMAND (1970) a donné une nouvelle étude détaillée du Séquanien moyen et inférieur (Argovo-Rauracien et Séquanien de J. DELFAUD - 1969 -) au nord de La Rochelle.

Le niveau inférieur comporte 25 m de couches alternées de calcaires durs et de marnes, lesquelles s'épanouissent dans le niveau 2 sur 2 à 5 m. Une strate de calcaires à gros bancs (1 m environ) forme une corniche à La Repentie (niveau 3), surmontée par 9 mètres de calcaires marneux (niveau 4) auxquels succèdent 9 mètres de marnes (niveau 5), puis 2 à 3 m de calcaire sublithographique en gros bancs (niveau 6) et 12 mètres au moins de calcaires blancs avec minces bancs marneux. L'équivalence avec la série de G. WATERLOT et J. POLVECHE (1953) est établie (page 67), bien que cette dernière provienne de la falaise de La Repentie à propos de laquelle les interprétations varient *(figure 7)*.

Au nord, les cuestas d'Esnandes et de Marcilly se sont développées dans les niveaux calcaires surmontant les strates marneuses ; le tracé rectiligne du trait de côte est conservé grâce à la résistance à l'érosion des calcaires à **Montlivaltia**, qui jusqu'à Aytré ne tolèrent que de minuscules dépressions envahies par le bri : marais de Lauzières, mare à l'Abbesse (site du port de La Pallice), marais de Tasdon - la Moulinette (site de la Villeneuve-des-Salines, à La Rochelle). L'existence de ces marais paraît explicable par la seule lithologie, au nord de La Rochelle comme au sud. Les faciès du Séquanien supérieur, d'Aytré à Chatelaillon, laissent s'ouvrir des échancrures moins étroites : baie et marais d'Aytré développés dans la vingtaine de mètres de calcaires marneux, interrompus au sud par la presqu'île de Salles-sur-Mer à Angoulins, associée aux calcaires récifaux, très visibles à la pointe du Chay.

Avec l'ancienne presqu'île de «Loin du Bruit», à l'est de Chatelaillon se terminent les assises du Séquanien, maintenant appelé «Kimméridgien inférieur à faciès séquanien (J7c)». Il s'agit d'un ensemble de calcaires jaunes et de marnes bleu-noir, qui ont pu être suivies dans la tranchée d'adduction d'eau, de Saint Saturnin à La Rochelle. Cette formation comporte des zones récifales qui entre Landrais et Fontdouce, donnent naissance à des buttes de 3 à 8 m d'énergie, couronnées de

* L'étude de la partie actuellement submergée du cadre des Marais Charentais fait l'objet du chapitre suivant.

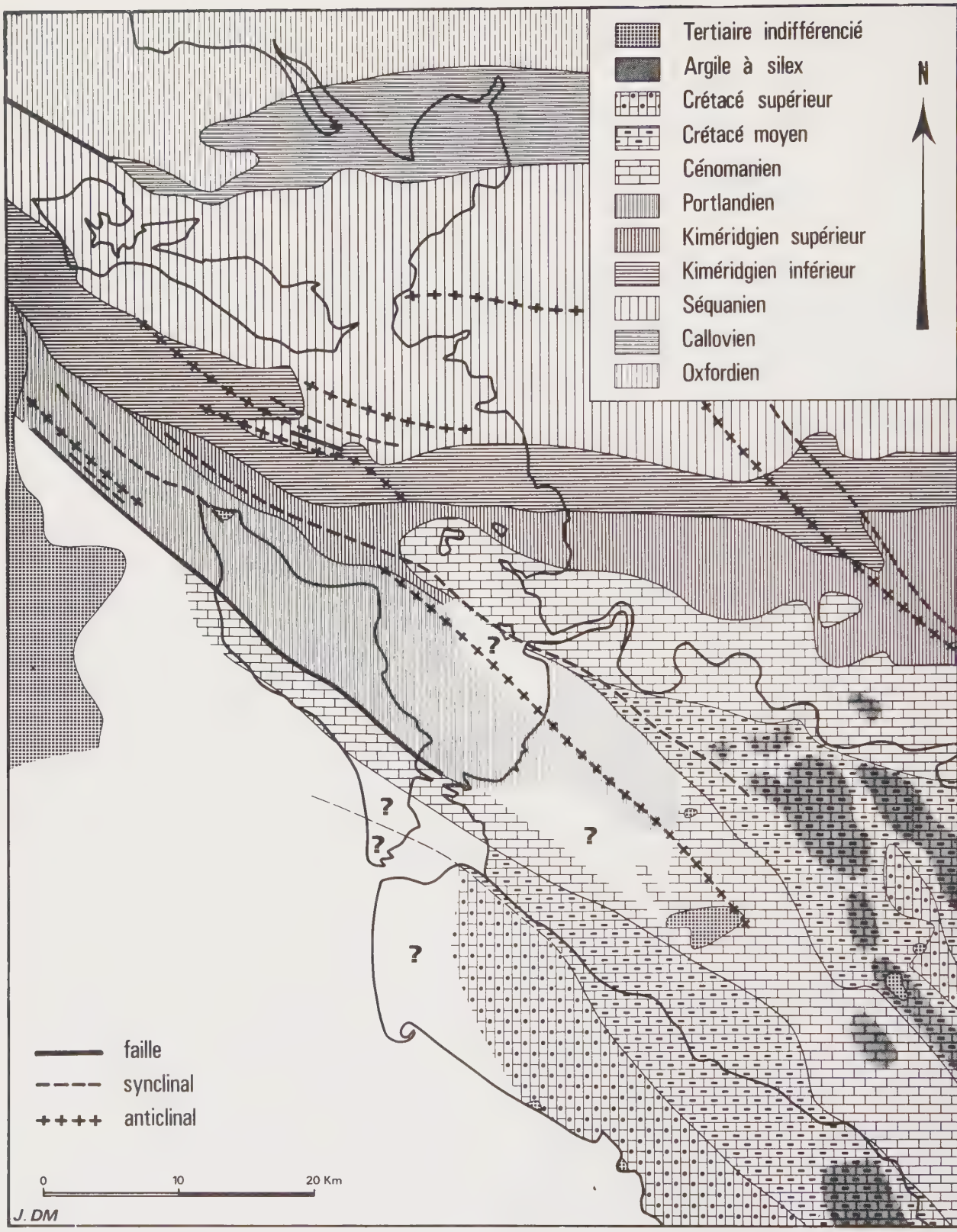


Figure 6 :

Schéma géologique régional
Synthèse en 1974
d'après les cartes géologiques à 1/80 000 et les levés récents de l'I.G.B.A. sur le précontinent

Description lithologique	Niveaux M. Normand	Assises G. Waterlot
Bancs de calcaire alternant avec des lits marneux plus minces (12 m au moins)	7	d c
Zone de calcaire dur fossilifère à terriers (2,5 m)	6	b
Zone marneuse avec quelques bancs de calcaire (9 m environ)	5	a
Bancs de calcaire alternant avec des lits marneux plus minces (9 m environ)	4	sup. } d
Zone de calcaire dur fossilifère à terriers (0,6 à 1,2 m)	3	} d
Zone marneuse avec quelques bancs calcaires (2 à 3 m)	2	inf. } d
Bancs de calcaire alternant avec des lits marneux (plus de 25 m).	1	c

Figure 7 :

Interprétation de la coupe de LA REPENTIE

Extrait de NORMAND, 1970, p. 70, qui précise :

«La différence entre les deux nomenclatures réside essentiellement dans le fait que G. Waterlot place les niveaux 5 et 6 sous le niveau 1. La coupe de la falaise de la Repentie donnée par cet auteur représente en effet une structure anticlinale très faillée avec les terrains les plus récents de chaque côté et les terrains les plus anciens au centre...
L'orientation des pendages et la disposition des couches montrent qu'il s'agit non pas d'un anticlinal faillé mais d'une terminaison périsynclinale faillée».

vestiges de calcaires récifaux durs (P. BOURGUEIL et P. MOREAU, 1972). L'ensemble est surmonté de 12 m de marnes bleu-noir au sommet desquels s'individualise une zone à **Rasenia cymodoce**(J8a), détritique à la partie inférieure sur une dizaine de mètres ; ce niveau se termine par l'Oolithe de Chatelaillon. Il s'agit d'un calcaire gris, pétri d'oolithes millimétriques, très résistant ; il arme la plupart des îles du marais de Rochefort, au nord d'une ligne Flay - les Boucholeurs , et se trouve parfois à faible profondeur, comme près du Verger du Sud, à Ciré d'Aunis, à - 0,20 m et au Marouillet à - 6,60 m. Les îles atteignent parfois 10 à 15 m NGF. M. NORMAND (1971 b) a donné la dernière description géologique de la Pointe des Boucholeurs *(figure 8)* avant la construction d'un mur de protection.

La sédimentation à dominante argileuse reprend avec le Kimméridgien supérieur où alternent marnes,

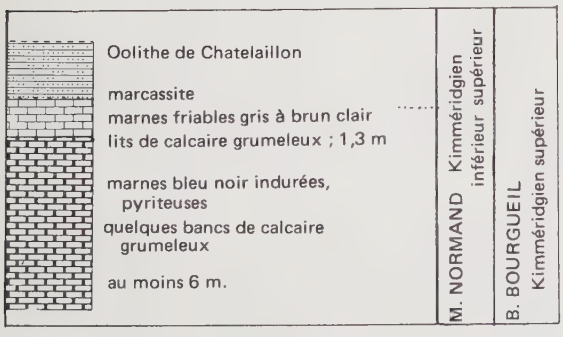


Figure 8 :
Interprétations de la falaise des Boucholeurs

calcaires argileux et lumachelles à **Exogyra virgula,** sur au moins 120 à 150 mètres. Dans la falaise du Rocher d'Yves *(figure 8)*, on observe la strate supérieure, formée de calcaires argileux gris et de marnes bleu-noir (de couleur beige lorsqu'ils sont altérés) ; les marais de Voutron correspondent à l'affleurement de 40 à 50 m de marnes minces, de calcaires graveleux et de marnes grises à bleu-noir, dont quelques rares témoins peuvent être observés au nord de la Côte de La Lance et à Soumoran.

La coupe du Rocher d'Yves montre, au-dessus d'une succession de bancs marneux de couleur beige d'une vingtaine de mètres d'épaisseur, 20 à 40 cm de sable roux à jaunâtre, parfois pierreux ; la couleur bleue envahit la base de la formation, et semble particulièrement développée au sud ainsi qu'au nord-est du blockhaus, à proximité de la faille post-cénomanienne du rocher d'Yves *(figure 9)*.

La gouttière synclinale de la Charente fait ensuite disparaître la série jurassique du littoral au profit de la série cénomanienne : A. BOISSELIER (1891) note que, à la station de Saint Laurent-Fouras, les tranchées donnent de très petites **Exogyra virgula** dans les marnes par lesquelles débute le Portlandien à **Am. gigas.** Cet étage et le «Purbeckien à **Corbula inflexa»** sont, ici, entièrement recouverts par le Cénomanien. Les auteurs postérieurs n'ont pas indiqué de Portlandien dans cette région, et le sondage de Rochefort-Porte Bégon, (G. LECOINTRE, P. MARIE, H. BOUGEARD, 1955) n'en a pas rencontré ; le sondage de l'Hôpital maritime (C. LAURENT, 1863-64) en comportait 44 m, mais la carte géologique de La Rochelle à 1/80.000 due à A. BOISSELIER (1891 b) avait déjà inséré ces calcaires marneux et marnes dans le Kimméridgien.

Falaise et estran du Rocher d'Yves, vue vers le Nord-Est. Calcaires massifs du Kimméridgien supérieur au sommet, calcaires bleuâtres délités à la base, faille au centre. Estran à dalles encombré de blocs.

Falaise du Rocher d'Yves, vue vers le Sud. Les calcaires marneux plongent vers le synclinal de la Charente. Haut estran : platier rocheux uni parfois encombré de galets, bas estran sablo-vaseux de la Baie d'Yves.

Figure 9 :

Photographies de la falaise et de l'estran d'Yves

Les assises du Jurassique réapparaissent de part et d'autre du marais de Brouage, à St Froult et Moèze au nord, au rocher d'Erre au sud, et dans l'île d'Oléron à l'ouest ; on en trouve parfois sous forme de galets mal roulés sur quelques îlots du marais. Seul le Portlandien moyen et supérieur affleure : marnes grises autrefois exploitées pour le gypse (St-Froult, St-Fort) et calcaires parfois oolithiques (M. CORLIEUX, 1972) ; les sondages du BRGM (J. VOUVE in P. BOURGUEIL et P. MOREAU, 1972) montrent, au-dessus des «calcaires argileux» du Portlandien moyen, du calcaire compact gris à beige sur lequel reposent des marnes gris bleu plastiques. Près de la Ferme des Collants, des calcaires oolithiques apparaissent ; on en retrouve à l'île Bordeaux, à l'îlot des Echinées au sud * , ainsi qu'au rocher d'Erre et dans l'île de Malaigre. Au sud-ouest du marais, près de Saint-Just par contre, la drague remonte des calcaires cénomaniens (Orbitolines très probables pour J.J. FLEURY, que nous remercions).

Le caractère essentiel de cette série jurassique (J. DELFAUD, J. GAUTIER, 1968) réside dans son faciès marneux, calcaires marneux et marnes calcaires, particulièrement fréquent dans le Kimméridgien moyen et supérieur (plus de 150 m) : le marais de Rochefort y est développé. Par contre, les faciès plus calcaires de

* Un échantillon a montré la présence d'Alvéolinidés *(Ovalvéolina ?)*, qui pourrait éventuellement permettre de dater cet affleurement du Cénomanien (avec réserves, J.J. FLEURY, Université de Lille).

l'Oxfordien et du Kimméridgien (faciès séquanien et rauracien) ne tolèrent que des marais de surface réduite. L'opinion de M. GAUTIER (1962) qui voyait au nord de Rochefort des marais contrôlés par la tectonique doit donc être nuancée.

2) La série crétacée

Dès la frange méridionale du marais de Rochefort s'affirme la série crétacée, transgressive sur une topographie variée, comme l'ont rappelé récemment G. LECOINTRE (1955), P. BOURGUEIL, P. MOREAU (1972). Les faciès transgressifs sont très variés latéralement mais aussi verticalement ; autour du marais de Brouage et à l'île de Malaigre par exemple, un conglomérat rubéfié de graviers rougis, des sables, des grès et des argiles rutilantes sont associés à l'infra-Cénomanien (J.P. PLATEL, P. MOREAU. 1977) * alors que la série proprement cénomanienne est sableuse à sablo-argileuse au Nord de la Charente.

L. PAPY (1941 a) a décrit les falaises de la région de Fouras, où P. BOURGUEIL et P. MOREAU ont distingué 11 unités cartographiques définies par leur faciès et leurs faunes :

11 - calcaires détritiques et argileux à Brachiopodes, **Calycoceras** et **Arca** (3 à 4 m).
10 - grès et calcaires détritiques à Huîtres (3,60 m au moins)
9 - calcaires détritiques à **Ichtyosarcolites** (2 à 3 m)
8 - sables et grès glauconieux à Huitres (2 à 3 m)
7 - calcaires argileux (1,5 m)
6 - strates calcaires de faciès variés à Rudistes (15 m)
5 - calcarénites à Rudistes et petites Orbitolines (jusqu'à 15 m)
4 - sables et grès glauconieux à Huîtres (4 à 6 m)
3 - calcarénite à Rudistes, Huîtres et grandes Orbitolines (5 m)
2 - sables fins et argiles associées (jusqu'à 12 m)
1 - sables grossiers et argiles associées (6 m)

Les niveaux 1 à 5 appartiennent au Cénomanien inférieur, le niveau 6 constitue le Cénomanien moyen, les niveaux 6 à 11 le Cénomanien supérieur.

Les falaises sont précédées d'un estran couvert de blocs éboulés, taraudés, de galets et parfois de sables coquilliers ; au nord de Fouras par exemple, les assises de sables fins et d'argiles feuilletées noirâtres des niveaux 1 et 2 affleurant près du Magnou soutirées par l'érosion

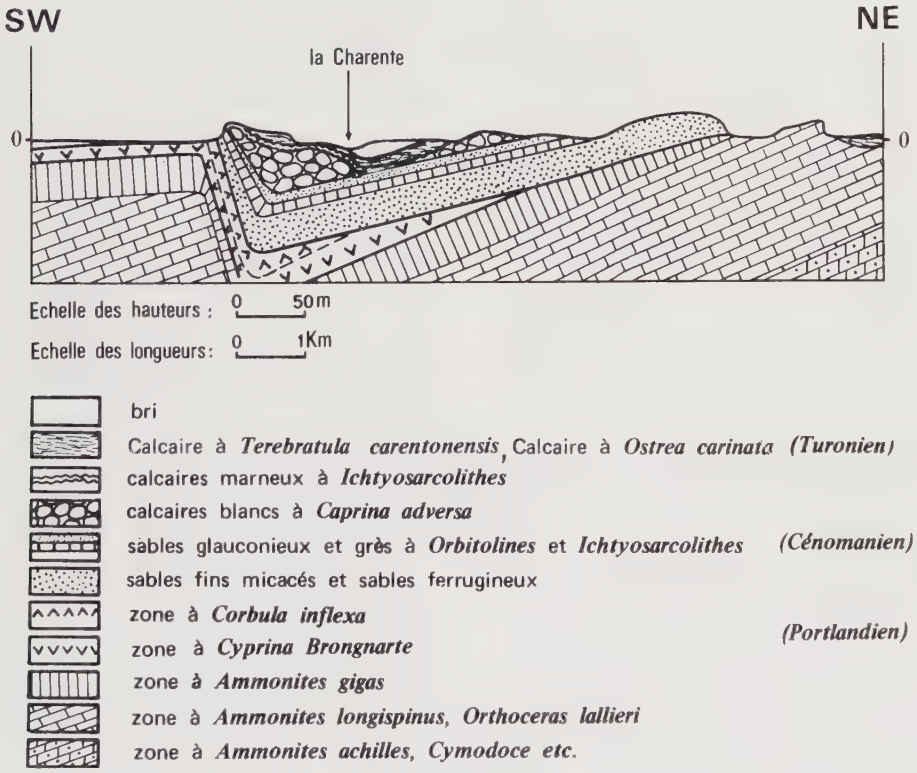


Figure 10 :

Le synclinal de la Charente,
Extrait de BOISSELIER, 1891

* Cette attribution stratigraphique clôt la discussion sur l'attribution des sables de Cadeuil. Diverses observations effectuées dans les carrières de Cadeuil, à La Gripperie, au Talut, à Fouras et dans les marais, en compagnie de Mme TERS et de J.M. FLAMENT, (que nous remercions) ainsi que des analyses granulométriques et morphoscopiques des sables, nous avaient conduits à des conclusions voisines. On trouvera dans la «Bibliographie analytique des côtes de France» les références principales sur les sables de Cadeuil. Le faciès de cet Infra-Cénomanien présente par ailleurs bien des points communs avec le Crétacé inférieur du Pays de Bray.

marine entraînent un lent recul de la falaise ; plus à l'ouest, au delà d'une faille, les sables fins du niveau 2 esquissent des aspects de falaise à confessionnaux, sous une barre de calcarénites. Près du camping du Cadoret, cette barre est recouverte par une dune quaternaire. A l'Ouest, les falaises se développent dans un niveau de calcaires blancs à **Ichtyosarcolites** au château de Fouras. Au Sud, les sables et grès glauconieux à Ostracées ont pu être observés dans le coteau lors de travaux en 1969 ; le niveau 3 affleure aux Rochers de la Plante, remonté sans doute à la faveur d'une modeste faille ; on le retrouve dans la falaise de Piédemont *(figure 10).*

Le Cénomanien moyen (niveau 6 ou «second niveau à Ichtyosarcolites») a été décrit dans l'Ile Madame : il s'agit de calcaires fins, gris bleuté, très riches en fossiles. Il subsiste vers Soumard, Rochefort et dans les îlots du dernier méandre de la Charente, où il alimente des cordons de galets aux Fontaines de Lupin.

Les niveaux supérieurs du Cénomanien jouent un rôle géomorphologique plus important, particulièrement à la périphérie de la gouttière synclinale de la Basse Charente où P. BOURGUEIL les a décrits à Port des Barques et à l'Ile Madame. Au Nord du marais de Brouage, ces niveaux 5 ou 6 arment généralement le sommet des falaises mortes.

A partir de l'îlot d'Hiers, la série crétacée se développe : depuis Cadeuil jusqu'au canal de la Seudre à la Charente, les calcaires à Rudistes du Cénomanien moyen surmontant les sables et grès glauconieux du Cénomanien inférieur déterminent un couple roche dure/roche tendre qui inciterait à définir cette limite sud comme une cuesta ; mais A. BOISSELIER (1892) avait déjà envisagé l'hypothèse d'une origine tectonique pour ce talus assez rectiligne. Plus à l'ouest, vers Bourcefranc un replat situé vers 5 à 6 m d'altitude associé au niveau 3 (calcarénite à Rudistes et grandes Orbitolines) esquisse une double cuesta, dont la concavité inférieure serait masquée par le bri et dont le replat intermédiaire aurait pu recevoir un façonnement marin lors d'un niveau supérieur à l'actuel : c'est sans doute là une des plateformes où l'œil exercé reconnaîtrait quelque niveau marin ancien d'après L. PAPY (1941 a).

Le Turonien , (M. CASSOUDEBAT, J.P. PLATEL, 1976) présente sur la rive droite de la Seudre des faciès de calcaires jaunâtres avec des gros silex gris surmontés par des calcaires pseudo-oolithiques et des calcaires jaunâtres en plaquettes ; sur la rive gauche les calcaires jaunâtres à grisâtres du Coniacien, épais de 25 à 30 m, reposent sur des sables grossiers ou des grès calcaires près de Saujon. Les rares îles de la Seudre ne prennent quelque ampleur que dans le Coniacien inférieur, dont les faciès sont très variés : à Souhé par exemple, les calcaires en plaquettes jaunâtres forment l'ossature de l'île.

Au sud, les marais de Saint Augustin envahissent les dépressions creusées dans le Campanien supérieur dont les faciès généralement calcaires sont alternativement durs (bancs de 0,5 à 1,5 m d'épaisseur) et tendres (calcaires argileux jaunâtres) (J.P. PLATEL, 1977). La rive droite de la Seudre constitue une cuesta, mais l'opposition lithologique entre les faciès calcaires crayeux blanc (Campanien moyen) et les calcaires argileux tendres (Campanien inférieur) est moins vigoureuse à l'ouest de Mornac-sur-Seudre.

La série crétacée charentaise, - dont nous ne donnons qu'un très rapide aperçu et dont les études en cours permettront bientôt une révision générale,- par les contrastes lithologiques qu'elle offre, facilite le travail de l'érosion différentielle. Les dépressions occupées par les marais se sont, là encore, développées aux dépens des roches tendres : le cas est tout à fait typique pour la Seudre, qui occupe en grande partie la dépression orthoclinale de la cuesta du Campanien.

Ainsi, les séries sédimentaires jurassique et crétacée de la Charente littorale peuvent-elles être caractérisées par leur monotonie. Entre la presqu'île d'Aunis, formée des calcaires compacts et les niveaux crayeux de la Saintonge, les différentes assises présentent des faciès marneux ou marno-calcaires plus ou moins riches en argiles et en sables, avec toutefois certains horizons résistants dans le Crétacé. On ne s'attend évidemment pas à rencontrer des formes structurales comparables à celles de la bordure orientale du bassin de Paris : c'est sans doute avec les confins manceaux, angevins ou la Touraine que la comparaison serait la moins décevante.

3 - Les dépôts tertiaires

Faire un inventaire des formations tertiaires nord aquitaines sortirait du cadre de notre étude. On se bornera donc à rappeler les caractéristiques des principales formations qui peuvent témoigner de l'évolution géomorphologique des régions proches des marais. Le Tertiaire charentais n'a pas encore fait l'objet de synthèses géologiques, aussi les auteurs des cartes géologiques actuelles distinguent-ils le plus souvent une argile à silex remaniée notée «Rs» et un complexe tertiaire noté «e.p».

Les plateaux saintongeais sont recouverts de sables mal calibrés, argileux, parfois rubéfiés, notés «e-p» par P. BOURGUEIL et P. MOREAU (1968, p. 3-4 - Saintes à 1/50 000) qui y distinguent des lentilles d'argiles blanc - verdâtre et rouge, des concrétions ferrugineuses, des nodules quartzeux blancs et ridés, des débris roulés d'huîtres crétacées, des galets d'alios et de quartz, des fragments de silex émoussés. Cette formation, très développée à l'Est de Saintes, repose localement sur les formations à silex dans lesquelles ils distinguent un faciès en place «argiles de décalcification à silex, non remaniées et récentes» et un faciès remanié. («Rs» de la carte de Saintes à 1/50 000), «sables argileux jaunâtres et rougeâtres, contenant de nombreux fragments de silex, patinés et dénués de cortex». Faciès de remaniement, ces niveaux Rs sont souvent mélangés aux dépôts e-p. On peut interpréter les formations Rs comme des témoignages d'une surface karstique, développée aux dépens des terrains calcaires du Crétacé, et remaniés postérieurement ; des argiles à silex «in situ», affleurant sur les versants peuvent être des vestiges de poches de dissolution karstique. Dans le plan de cette surface ont transité des formations détritiques sableuses issues de la destruction de sols tropicaux développés sur le massif vendéen, sables quartzeux et ferrugineux, argiles blanchâtres qui se trouvent incorporés ça et là aux argiles à silex remaniées.

a) la butte de Moragne

A treize km à l'est de Rochefort, la butte de Moragne s'élève jusqu'à 61 m, au-dessus d'un plateau situé vers 25-30 m. Son piédestal est formé de sables du Cénomanien inférieur, qui s'élèvent jusqu'à 50-55 m d'altitude et où nous avons pu récolter des troncs d'**Araucariaxylon gardoniense** (L. CRIE, 1889), détermi-

nés par J.C. KOENIGER, qui en avait étudié de semblables à l'île d'Aix (J.C. KOENIGER, 1977, p. 61).

Le sommet de la butte est formé d'une vingtaine de mètres de dépôts marqués «e-p» sur la carte de Rochefort à 1/50 000ème et décrits ainsi : «sol sablonneux et limoneux contenant de très nombreux silex rouges fréquemment revêtus d'une patine blanche. L'allongement de fragments siliceux varie de 0,005 à 0,12 m. La formation est également composée d'argiles grises ou ocres et de concrétions ferrugineuses». (P. BOURGUEIL, P. MOREAU, 1972, p. 12).

Au sud de la butte, les sables cénomaniens présentent un horizon compact, parfois grésifié, de couleur jaune à jaune brun, et sont surmontés par des argiles grises et noires. Au-dessus, le calcaire à rudistes et ostracées n'affleure pas, mais des blocs de calcaire marneux visibles çà et là dans les formations de versants solifluées (le long de la route de la Bechette en particulier) suggèrent sa présence.

En avril 1976, nous avons pu observer les déblais d'un sondage effectué pour le château d'eau de Moragne. Le sondage a atteint, vers 10-15 m (?) une couche de calcaire cénomanien fossilifère, du même type que les blocs signalés ci-dessus. Au-dessus, un sable argileux micacé rouge, marbré de jaune et de gris, contient de petites concrétions ferrugineuses de taille millimétrique. Ce sable argileux rouge est recouvert par un sable argileux jaunâtre, très riche en silex anguleux plus ou moins éclatés, dont le cœur grisâtre est recouvert d'un cortex blanc-crème ou rougeâtre. Ces silex atteignent jusqu'à 7 à 8 cm de long, 3 à 7 cm de largeur et d'épaisseur. La partie inférieure de la coupe peut appartenir au Cénomanien moyen ou supérieur, dans lequel on observe les mêmes faciès d'argiles sableuses versicolores.

Les argiles superposées, riches en limons peuvent être interprétées comme une argile de décalcification, formée aux dépens de calcaires à silex turoniens et remaniés. A. CAILLEUX (1948, p. 132) a en effet montré que le «bief à silex qui résulte du remaniement de l'argile à silex s'en distingue par le fait que les silex sont presque toujours à l'état de fragments et que l'argile renferme quelques grains de sables, voire même de granulés de quartz représentant évidemment un apport étranger». La formation qui culmine à la butte de Moragne s'est développée aux dépens d'une argile à silex postérieure au Crétacé supérieur. Elle présente un spectre de minéraux lourds assez différent du spectre caractéristique du Cénomanien : comparée aux études systématiques de P. MOREAU (1967, 1976, 1977) cette formation est beaucoup plus riche en staurotide minéral provenant de l'érosion des schistes cristallins et plus pauvre en zircons que les sables argileux rouges sous jacents *(tableau 5)*.

%	Cénomanien inférieur (1)	Cénomanien supérieur (1)	Sable argileux «rouge» (2)	Limons argileux à silex (2)
Tourmaline	30	20	33	30
Zircon	10	40	12	3
Rutile	2-5	5-8	4	5
Staurotide	35-40	10-20	38	51
Disthène	2-5	3	0	1
Anatase	2-3	10-15	7	5
Epidote	–	–	3	2
Hornblende verte	–	–	1	–
Sphène	–	–	1	–
Hypersthène	–	–	1	1
Sillimanite	–	–	–	1
Andalousite	–	–	–	1

Tableau 5 :

Analyses minéralogiques des sables du Cénomanien et des formations de la butte de Moragne
(1) P. MOREAU, (2) M. TERS

b) la presqu'île d'Arvert

Au sud, la presqu'île d'Arvert est particulièrement riche en dépôts énigmatiques attribués au Tertiaire : argiles à silex, formations sableuses, graveleuses, poudingues, s'ajoutent au calcaire éocène de la Pointe de Vallières.

Le calcaire maestrichtien des Auteurs, campanien de J.P. PLATEL (1977) est creusé de poches de dissolution dans lesquelles on a observé, lors des levés de la carte de Royan, des «conglomérats, grès et sables à Nummulites» ; ailleurs ces poches sont remplies d'argile de décalcification sans sables à Nummulites. Ceci prouve qu'un épisode continental avec karstification s'inscrit entre le Crétacé et l'Eocène, et que seule la partie méridionale de ce karst a été recouverte par la transgression lutétienne. A l'Eocène inférieur la Saintonge était donc en grande partie émergée, en relation sans doute avec un rejeu des accidents anciens comme le bombement anticlinal de Brouage (J.P. PLATEL, N. GOURDON, 1977). Pendant une grande partie du Tertiaire, les rivages successifs ont piétiné entre Seudre et Gironde (M. KIEKEN, 1973) : c'est que la vitesse de surrection du bombement anticlinal de Brouage équilibrait l'enfoncement de la plateforme où se faisait la sédimentation.

Résultat d'une sédimentation aux faciès détritiques dominants, les formations éocènes comportent un conglomérat à ciment calcaréo-gréseux, un calcaire blanc graveleux à marnes grises d'apparence lacustre, des grès et graviers et des sables ferrugineux azoïques

* J.P. PLATEL et N. GOURDON (1977) viennent d'attirer l'attention sur une formation sablo-limoneuse de la région de Pons, attribuée — avec réserves — au Tertiaire inférieur. Il est possible que la formation de Moragne ait la même signification géomorphologique que la butte de Saint Richier près de Pons : témoin des surfaces tertiaires ayant affecté l'ensemble de la région.

et des marnes bariolées. Leur position stratigraphique, longtemps discutée (G. VASSEUR, 1884 ; H. DOUVILLE, 1918 ; R. ABRARD, 1931 ; P.A. GILLARD, 1944) semble aujourd'hui bien établie. (G. BERGER et M. TERNER, 1968 ; R. PRUD'HOMME et J. PRUD'HOMME in M. VIGNEAUX, & coll. 1975).

L'étude du ciment des niveaux gréseux (P. MASSON, 1973) a montré l'absence totale de kaolinite, minéral représenté dans les autres affleurements de l'Eocène aquitain (A. KLINGEBIEL, 1967).

Le sable inclus dans ces grès, selon les analyses de L. LE RIBAULT (in P. MASSON, 1973, pl. 1 et 2, p.p. 75-76), montre successivement un stade d'éolisation, un polissage en milieu intertidal, un stade de polissage et dissolution en milieu infratidal, au stade d'éolisation et d'immobilisation ; il s'agit donc «d'un matériel essentiellement littoral», sédimenté après un transport assez long.

Sur tout le plateau crétacé supérieur de la rive gauche de la Seudre, mais particulièrement dans la presqu'île d'Arvert, on rencontre dans les champs et sur le bord des routes des blocs de grès ou de conglomérats à silex bien arrondis, grisâtres ou bruns à **Alveolina oblonga** d'Orb., des silex de grès silicieux à Foraminifères (H. DOUVILLE, 1918) ; au sud-est de Saujon, des grès siliceux bruns rougeâtres «tout à fait comparables aux grès du promontoire de Vallières et de Suzac» (P. GILLARD, 1944, p. 157). Les matériaux composant ces grès et conglomérats sont issus de la décalcification des calcaires riches en silex du Crétacé supérieur, mais ont été en partie remaniés, enrichis en silice par les nappes phréatiques liées aux mers tertiaires.

A CAILLEUX (1948, p. 135) estime que cette formation remonte à l'Eocène ou à la période immédiatement postérieure. Nous suivrons cette opinion, partagée par J.P. PLATEL et P. MOREAU (1977, p. 21) le Nummulitique paraissant par ailleurs l'époque la plus apte à la consolidation de tels matériaux (J. WELSCH, 1911, H. SCHOELLER, 1948, M. VEILLON et M. VIGNEAUX, 1961 a, b), dénommés «mouillères» sur la presqu'île d'Arvert*.

L'ensemble des témoignages dispersés de sédiments du Tertiaire inférieur à l'est des marais charentais montre que cette région a alors connu un régime continental, voire littoral. Une sédimentation fine, remaniant les produits d'altération de l'exondation fini - crétacée, caractérise toute la période. S'il est difficile d'être plus précis chronologiquement, on retiendra que la topographie, vers le milieu du Tertiaire, présentait vraisemblablement un haut degré d'aplanissement.

c) en l'île d'Oléron

A la Morelière (île d'Oléron), un falun tertiaire a été décrit ; P. BOURGUEIL et P. MOREAU, 1972 ont trouvé à Chatelaillon un dépôt dont l'attribution au Redonien n'est pas encore confirmée.

Le «falun de La Morelière» est «une couche de sable coquillier, épaisse de 0,60 m à 0,80 m et contenant : **Cardita jouanetti, Pectunculus pelosus, Pecten polydontus...** (de) nombreux petits polypiers et bryozoaires quelques cailloux roulés et des fragments de roches perforées par des pholades» (G. WATERLOT et J. POLVECHE, 1958). Ces niveaux sont aujourd'hui masqués ; M. CORLIEUX (1968) a signalé leur disparition, et publié la liste des fossiles conservés à La Rochelle (1972, p. 125) ; Ph. MASSON (1973, p. 93) a distingué 5 niveaux dans les «2 mètres de (la) série Vindobonienne», affleurant dans la falaise de La Morelière, dans l'île d'Oléron.

La série est transgressive sur le Portlandien ; elle correspond à une succession de dépôts par décantation en milieu lagunaire ou laguno-lacustre et jalonne donc une topographie miocène.

A. RIVIERE (1968) a observé dans la falaise de Chassiron «une série argileuse brunâtre rubéfiée contenant quelques nodules ferrugineux. Vers le haut, cette série (Va) qui correspondrait à la fin du Vindobonien» (P. MASSON, 1973, p. 91), est recouverte par des ferruginisations assez épaisses, fortement plissotées, sans doute à l'origine du «niveau de nodules ferrugineux, discontinus, parfois en poches, emballés dans une matrice sub-argileuse» à 38 % de montmorillonite, 33 % d'illite et 29 % de kaolinite, relevé par P. MASSON, à la Morelière.

La position stratigraphique de ce dépôt est mal assurée : pleistocène et reposant parfois sur un niveau ferrugineux comme à La Morelière (p. 104), ou faciès de transgression pliocène, associé aux couches jaunes à faciès deltaïque entre La Morelière et Chassiron (p. 107).

Le gisement des Boucholeurs (Chatelaillon), découvert par P. BOURGUEIL et P. MOREAU (1972), épais de 2 mètres comporte un niveau de graviers, de quartz et de calcaires (1 à 6 cm de longueur), avec des «débris de coquilles récentes» et de coquilles kimméridgiennes remaniées (0,2 m) sur lequel repose 1,80 m de «silt beige qui contient de nombreux grains usés de quartz ainsi que des concrétions calcaires longues de 1 à 6 cm».

Son attribution au «Redonien» repose sur une similitude de niveau de la base du gisement (3 m) avec la base du falun de La Morelière (id, p. 13). Une interprétation quaternaire : plage recouverte par des colluvions glissées sur la pente paraît aussi probable : ces colluvions notées Rj sur la carte de Rochefort sont «des argiles limoneuses beige à éléments quartzeux, débris de calcaires et d'huîtres (qui proviennent) des marnes et calcaires à Exogyra sous jacents». En l'absence de résultats d'analyses de laboratoire, la position stratigraphique de ce dépôt azoïque est donc incertaine.

La présence de ces dépôts fins peut signifier que, au cours du Pliocène, le relief de l'actuelle Charente littorale ne devait guère être énergique.

Les dépôts attribués au Tertiaire à la périphérie des Marais Charentais appartiennent à quatre ensembles :

- Les argiles de décalcification, riches en silex conservées dans les poches d'un karst dont la mise en place remonte à l'infra-Éocène, qui a pu se développer ou être détruit depuis cette époque.

• Des analyses projetées n'ont pu être effectuées par suite de l'engorgement du Centre de Géomorphologie du CNRS.

* Les sables de CADEUIL, autrefois attribués au Tertiaire (R. ABRARD, 1930 ; A. CAILLEUX et P. GILLARD, 1952) au Cénomanien (L. PERVINQUIERE (1906), J. MARRE (1939), M. CORLIEUX, 1972), ou à une époque indéterminée (P. GILLARD, 1944, p. 141), viennent d'être rapportés (J.P. PLATEL et P. MOREAU, 1978) au Crétacé inférieur, dit «Infra-Cénomanien».

- Les dépôts en majorité éocènes, calcaires lutétiens de Vallières, sables, grès et conglomérats de la presqu'île d'Arvert ; leur consolidation témoigne qu'ils ont subi un climat très aride (fin Nummulitique ?).

- Les dépôts fins, argiles «vindoboniennes» de La Morelière ; ou riches en coquilles (faluns «redoniens»? de La Morelière), de caractère néritique, voire littoral ; ils suggèrent un relief de faible énergie à l'époque de leur dépôt. Ce caractère, commun à tous les dépôts postérieurs à l'Eocène, s'est donc maintenu pendant la plus grande partie du Tertiaire.

- Les dépôts remaniés issus des divers terrains de transport existant sur les plateaux saintongeais, hétérochrones, réunissent des éléments du Sidérolithique, de l'argile à silex et des sables ou limons quaternaires.

Tous ces témoignages peuvent être utilisés pour retracer une évolution paléogéographique plausible des régions encadrant les Marais Charentais. Mais auparavant, il importe d'étudier le cadre tectonique, car la disposition de ces dépôts tertiaires à la périphérie du bombement de Brouage, la forme même des marais sur une carte montrent que la stratigraphie et la lithologie ne sont pas seules responsables de la géomorphologie actuelle.

II - LE CANEVAS TECTONIQUE CHARENTAIS

Les Marais Charentais n'ont pas fait à l'instar du Marais Poitevin (G. WATERLOT, 1938 a, 1941) l'objet d'étude tectonique détaillée. M. NORMAND (1971 a) a limité ses investigations à la région nord de La Rochelle, et estime qu'à l'emplacement des marais, en matière de tectonique, «on ne peut guère émettre que des hypothèses» (p. 139), mais rencontre sur moins de 10 km «un large éventail d'accidents... : plis, failles, plis en genou et diaclases» (p. 145). Sans vouloir faire une étude proprement tectonique, on a recherché dans la littérature, dans les carnets de sondages, sur les photographies aériennes et sur le terrain quels pouvaient être les arguments nécessaires pour comprendre la mise en place des formes de relief dont la rectitude de tracé paraît sans rapport évident avec la lithologie.

1) Un canevas tectonique régional

Le canevas tectonique du nord de l'Aquitaine est bien connu, les couches s'inclinant vers le sud et le sud-ouest : la plupart des terrains rencontrés en sondage à Rochefort se retouvent en affleurement de la Charente au massif vendéen. Cependant deux accidents majeurs, la gouttière synclinale de la basse Charente («synclinal de Saintes» des Auteurs) et l'ondulation anticlinale de Gémozac («anticlinal de Brouage», de «Gémozac-Jonzac», etc...) interviennent en Charente littorale. A l'échelle charentaise, ils rendent compte de la saillie du continent entre Fouras et le Rocher des Palles (gouttière de la Charente) et de son rentrant vers l'est dans le marais de Brouage (ondulation saintongeaise). Plus au nord cependant, si L. PAPY (1941a), G. WATERLOT et J. POLVECHE (1952, 1953a, 1953b) ont pu associer le promontoire de l'Aunis, au nord de La Rochelle à l'«ondulation anticlinale de La Repentie», on chercherait en vain à quelle gouttière ou ondulation rapporter la vaste échancrure (24 km de profondeur) du marais de Rochefort ; l'ondulation prolongeant la faille des Nouillers ne prend en écharpe que sa bordure nord orientale.

Depuis plus d'un siècle, grâce en particulier à l'étude des falaises lors des excursions géologiques de la Société des Sciences Naturelles de La Rochelle à diverses reprises, de la Société Géologique de France en 1887, aux levés minutieux effectués pour l'établissement des cartes géologiques, différents accidents ont été repérés. W. MANES publie en 1853 une description géologique du département avec des coupes de falaises que précise M. BELTREMIEUX dès 1856 ; A. BOISSELIER (1881 à 1896), J. WELSCH (1904 à 1927) cartographient la région à 1/80.000, ainsi que A. CAILLEUX et P. GILLARD (1952), G. WATERLOT et J. POLVECHE (1958) alors que L. PAPY (1941 a) avait dû se limiter à une description des falaises et des estrans. Les bordures continentales des marais, par absence d'affleurement (à l'exception de la partie orientale du marais de Brouage), et en raison de réels problèmes d'accès, avaient été pour la plupart négligées.

A l'échelle de toute la région, on doit à J. WELSCH puis à G. WATERLOT (1938 à 1958) le schéma suivant : deux phases de «plissements» se sont succédées, des mouvements fini-Portlandien, orientés ouest-est et des mouvements tertiaires, d'orientation «sud-armoricaine» selon G. WATERLOT (1953 b), qui se seraient plus ou moins amortis sur les premiers. Dès 1936 ce même auteur avait situé les îles du Marais Poitevin à l'intersection d'ondulations NW/SE et NNE/SSW, mais il semble difficile de reprendre une telle démonstration, par exemple pour la partie occidentale du marais de Rochefort, si riche en îles. Pourtant, les stigmates de mouvements tectoniques sont fréquents et au nord de La Rochelle, secteur relativement «calme», M. NORMAND (1971 a, p. 139) a relevé :

- des plis WNW/ESE (N100°E à N120°E), plongeant vers l'ESE et dont l'axe est fréquemment faillé.
- des failles normales subverticales ou inclinées de 30 à 90°.
  - N/S (N0°E à N20° E ; N160°E à N180°E)
  - NE/SW (N35°E à N50°E)
  - WNW/ESE (N75°E à N140°E) les plus fréquentes et dont le rejet dépasse toujours 1 mètre.
- des diaclases orientées.

Une première «phase tectonique post-jurassique et anté-cénomanienne qui a provoqué le rejeu des cassures anté-hercyniennes ouest-est du socle» (p. 149) est responsable des accidents principaux, lesquels ont pu rejouer lors d'une «phase tectonique tertiaire qui a donné notamment l'anticlinal Jonzac-Gemozac en Saintonge» (p. 149).

Lorsqu'on peut l'étudier grâce aux falaises, la tectonique des bordures de marais est extrêmement complexe. Ainsi le marais de Lauzières au nord de La Rochelle occuperait une position de «combe» selon L. PAPY (1941 a) - le terme de «bray» serait sans doute mieux approprié -, l'érosion ayant usé les calcaires de La Rochelle et mis au jour les marnes grises sous-jacentes. M. NORMAND (1971 a) arrive à une conclusion voisine pour la partie occidentale de ce marais, la seule que l'on voit de l'estran, orienté ici NW/SE. Mais le marais se développe en arrière de la falaise, en direction de Lauzières, c'est-à-dire vers le NE, parallèlement au littoral de la Pointe du Plomb et la pointe de Digolet : comment ne pas associer ce marais à la seconde famille de failles (N35°E à N50°E) relevées par cet auteur ? On pourrait d'ailleurs concevoir que ce marais occupe une position de «bray» à l'Houmeau, («anticlinal de

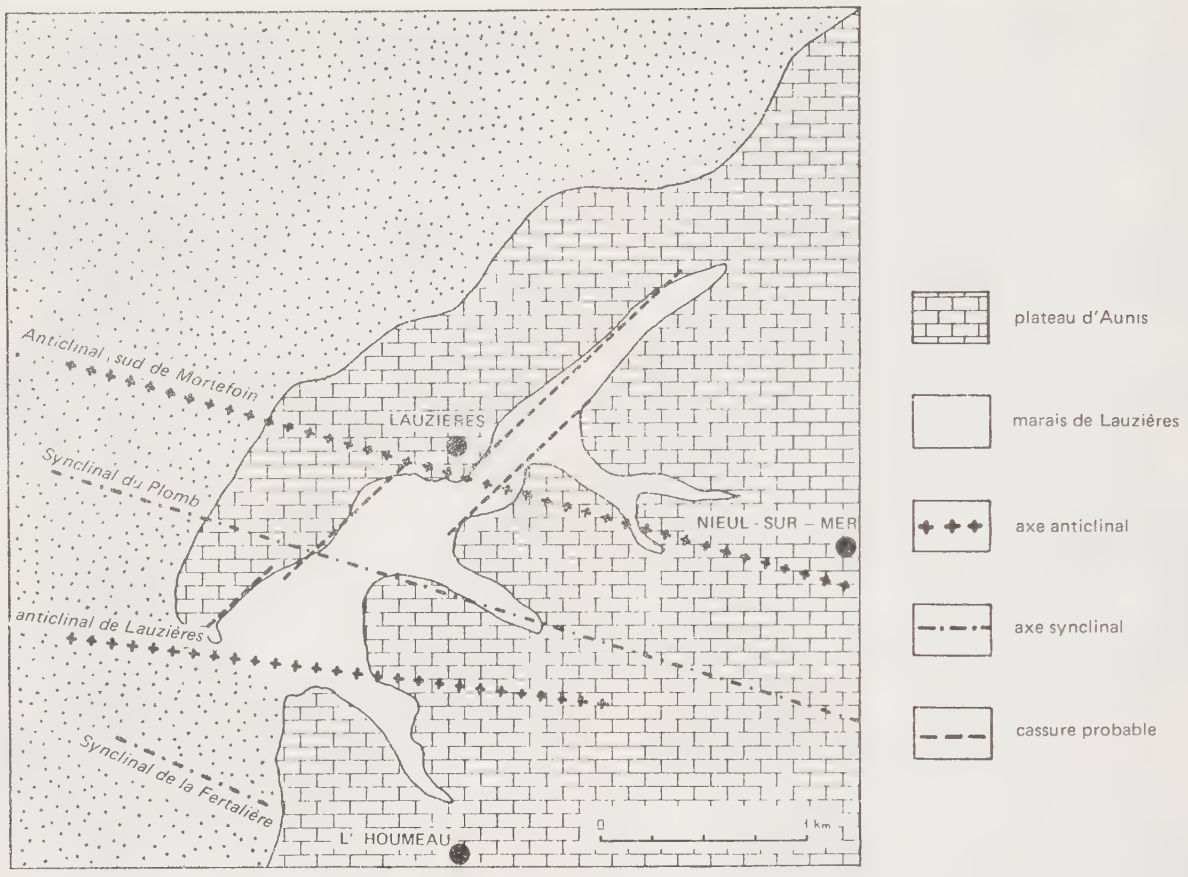


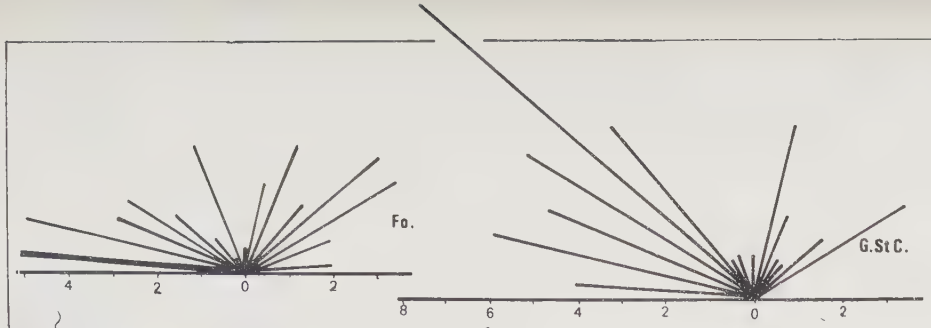
Figure 11 :
Cadre tectonique du marais de Lauzières
(en partie d'après NORMAND, 1971)

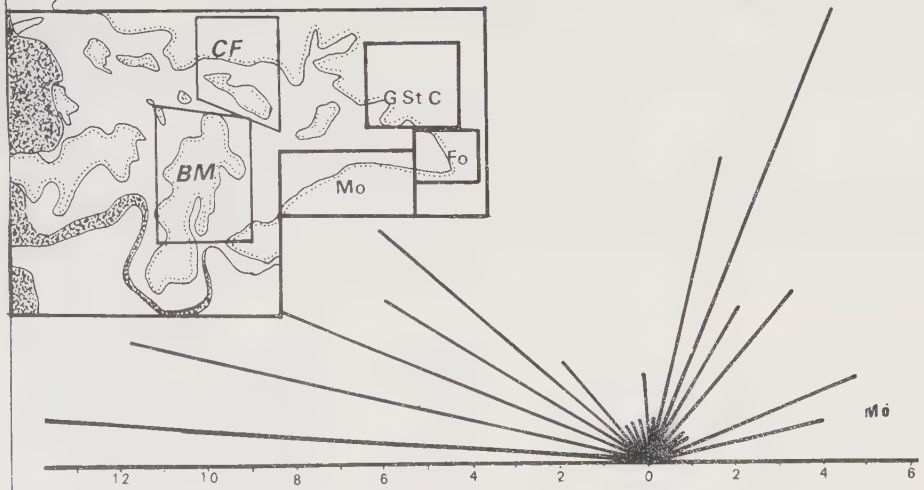
Lauzières»), et qu'il est relié au «bray» de Lauzières-Nieul-sur-Mer (anticlinal au sud de Mortefoin) par une faille NE-SW, dont le tracé subit un décalage vers l'E au passage de cet anticlinal *(figure 11,* d'après M. NORMAND, 1971 a, p. 140, complétée).

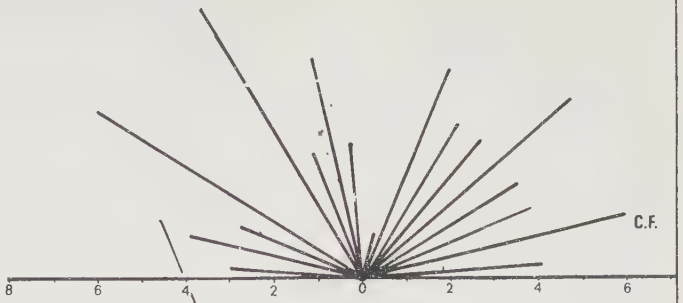
De la même façon, au sud, à Aytré s'ouvre un marais dans les calcaires du Séquanien, au contact entre les niveaux supérieur et moyen. La carte à 1/80 000 indique une ondulation anticlinale entre la Pointe des Minimes et la Pointe de Roux, où s'insère le petit marais de Besselue. Le pendage général se continuant vers le sud, les marais d'Aytré et de la Cabane Brûlée seraient en position monoclinale, comme la Seudre mais à une échelle différente. Pourtant M. CORLIEUX (1970, p. 79) a noté un pendage vers le sud au Chay, mais «sur le territoire de Roux, au sud du Champ de tir,... (une carrière rectangulaire) montre sur les fronts de taille orientés sensiblement N-S, une inclinaison très accentuée : 7 % vers le nord, des assises calcaires de la zone à **Montlivaltia**. Cette inclinaison est d'ailleurs visible sur les bancs calcaires en gradins qui bordent la côte». Ainsi, le platin d'Aytré occuperait-il une position anticlinale. M. CORLIEUX insiste sur la fréquence des failles et des diaclases : on ne voit guère en effet quelle pourrait être l'assise tendre responsable du développement des marais, à moins de supposer l'apparition d'un faciès moins récifal dans ces calcaires à **Montlivaltia**.

Dans l'estuaire de la Charente, les missions hydrographiques de DELBALAT (1852 et 1859), interprétées par A. BOISSELIER (1891) ont mis en évidence le quadrillage tectonique de la vallée (C. PASSERAT, 1909). Le fait que la Charente ne s'écoule pas dans l'axe même de sa gouttière synclinale, mais à un kilomètre au nord peut être dû à une faille de regard nord, décelée par A. BOISSELIER (1891, p. 13), dont le rejet serait de l'ordre de la dizaine de mètres : «un réseau de cassures,... parallèles et perpendiculaires entre elles, couvre toute la région. On y rattache la faille du Port-des-Barques, les crevasses des Lauriers, de Soubise, de l'Orange, du Four du Diable, de Martrou, les sinuosités de la Charente et les nombreux flots de son estuaire».

On pourrait multiplier les exemples. Le schéma régional présenté dès 1941 par G. WATERLOT peut être conservé, avec quelques retouches toutefois : aussi le Crétacé ne serait pas affecté par les directions ouest-est du Jurassique, mais par des accidents de direction «sud armoricaine». En réalité, les accidents du socle qui ont rejoué à la fin du Jurassique, ont été affectés aussi par des mouvements post-cénomaniens comme l'a montré M. NORMAND. Ces «plis tertiaires» ont été bien plus importants que ceux d'âge anté-cénomanien ; selon G. WATERLOT, «le gros pli anticlinal de Jonzac-Gemozac-Brouage, île d'Oléron... dont les flancs sont limités brutalement par des failles importantes, au nord-est celle de Piédemont à Saint Agnant, au sud-ouest celle de







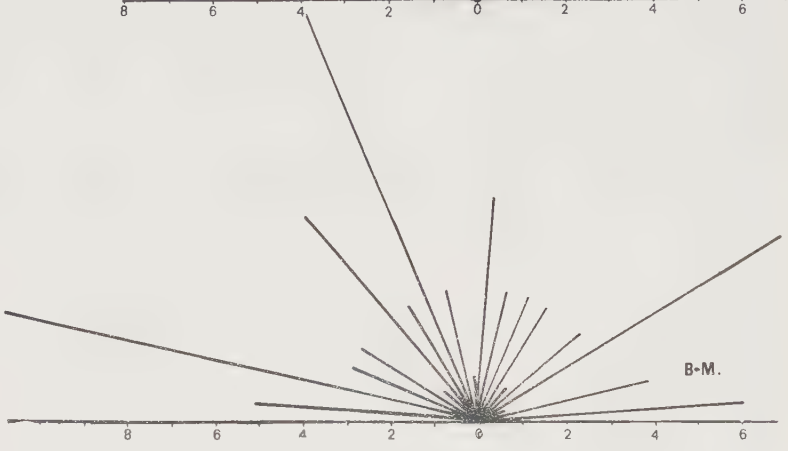


Figure 13 :

Diagrammes d'orientations des linéaments au N-E du marais de Rochefort

CF : de Ciré à Flay
BM : Ile de Breuil-Magné

Chaque linéament est représenté par une division

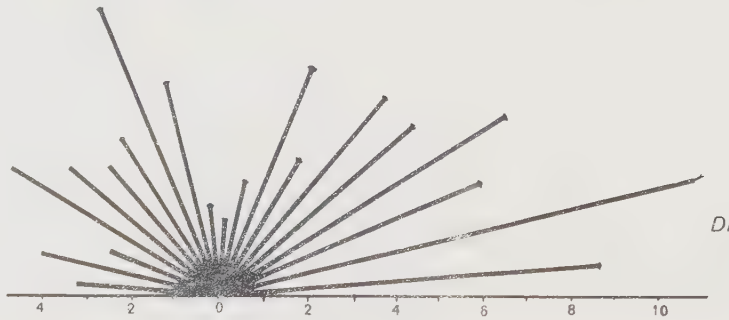


Figure 12 :

Diagrammes d'orientation des linéaments dans la partie orientale du marais de Rochefort

G. St C: Genouillé St Crépin
Fo : Fougerolles
Mo : Moragne Tonnay-Charente

Saint Pierre d'Oléron à Marennes» aurait oblitéré complètement les ondulations est-ouest, anté-cénomaniennes, qui prédominent en Aunis. De toutes façons, au contact de la série jurassique et de la série crétacée, le marais de Rochefort, occupe une position de «tectonique croisée», pour reprendre l'expression de C. KLEIN (1969) : la presqu'île d'Angoute qui le limite vers Chatelaillon au nord,est orientée ouest-est, alors que la Pointe de la Fumée, à Fouras au sud s'oriente ouest-nord-ouest / est-sud-est.

2) Photo-alignements et structure

Pour tenter de retrouver les effets géomorphologiques des accidents tectoniques, les principaux photo-alignements ou linéaments discernables ont été relevés, sous stéréoscope à partir des clichés à 1/15 000 : axes des vallées sèches, alignement des escarpements, limites verticales du marais, rebords visibles de monoclinaux, etc... La méthode consiste à ne considérer comme alignement que tout élément de plus de 300 m (2 cm) de longueur, sans pondérer l'orientation du segment par sa longueur, ce qui peut exagérer la dispersion des orientations ; d'autre part, on n'a enregistré ni la nature de l'alignement, ni son expression géomorphologique, mêlant ainsi les escarpements de forte énergie des rebords orientaux du bassin de Rochefort, les anciens rivages d'îles plus modestes et les coteaux moins vigoureux.

a) le marais de Rochefort

Le diagramme établi dans la partie orientale du bassin de Rochefort (marais de Muron et de Genouillé) à partir de 346 alignements, relevés sur une largeur de 2 à 3 km au delà du marais, et sur les anciennes îles qui les bordent à l'Ouest (Rochefort, Flay, Soumoran, île d'Albe) montre *(figure 12)* une forte dispersion des orientations déterminées de façon approchée en fonction du Nord Lambert de la carte de Rochefort et regroupées par classes de 10 grades. Les directions les plus fréquentes sont SE-NW, ESE-WNW et aussi SW-NE, c'est-à-dire la direction de l'accident des Nouillers (SE-NW) et celle du synclinal de la Basse Charente (ESE-WNW), ce qui semble confirmer l'origine tectonique des photo-alignements repérés. La direction WE, celle des plissements anté-Cénomanien qui ont pu rejouer au Tertiaire, est par contre moins fréquente que les directions «tertiaires», même dans les terrains jurassiques.

La direction complémentaire nord - sud, dont la présence serait normale dans une série calcaire, est mal représentée ; par contre des orientations NNW-SSE correspondent vraisemblablement à l'accident des Nouillers (lequel se prolonge vers le nord-ouest en se redressant en direction du Nord).

Une carte de ces photo-alignements montre que ces directions sont particulièrement fréquentes près de Genouillé, région où G. WATERLOT et J. POLVECHE (1952) ont mis en évidence une onde anticlinale allant de Vérines à Nolon par le Thou et le Breuil de Landrais.

On peut donc retenir que les formes du relief de la Charente littorale correspondent, dans leur orientation du moins, à des faits d'ordre tectonique, sans préjuger de la nature de ces accidents. Il est en effet peu probable que les photo-alignements repérés correspondent partout à des failles, même si leur rejet est faible : diaclases, flexures, ondulations de type anticlinal et synclinal, marquent aussi la tectonique régionale et influencent donc la géomorphologie. Il est donc nécessaire de compléter cette esquisse photogéologique par le dépouillement des sondages, car les affleurements sont très rares en dehors des falaises*.

b) les sondages à la bordure des marais

La région située au nord de Tonnay-Charente a fait l'objet de nombreux sondages pour l'alimentation en eau de la ville de Rochefort. Les notes portées sur les carnets du sondeur permettent de mettre en évidence quelques-uns des accidents affectant ce secteur. Le caractère nécessairement approximatif des notes prises dans un but extra-scientifique ne permet pas cependant d'être très affirmatif quant aux indications tirées d'une telle documentation. On observera cependant qu'une certaine concordance entre les indications tirées des sondages et l'étude des structures repérées sur photographies justifie cette analyse, contrôlée ensuite par les sondages conservés au BRGM.

La plupart des sondages effectués au nord de Tonnay-Charente ont atteint un «banc bleu». Entre Chateauroux à l'ouest, le Pont des Groies au nord ouest, Champservé-le-bas et la Miardière au sud s'étend une plateforme de calcaire marneux en petits bancs, compacts et noduleux, en partie recouverte au sud par les sables et argiles du Cénomanien inférieur : la surface infra-cénomanienne paraît nette ici. Quatre sondages ont été effectués en bordure du marais, à des altitudes voisines de 4 à 5 m, et les carnets de sondage portent des indications comparables : en particulier un «banc bleu» a partout été rencontré ; il s'agit vraisemblablement d'un des niveaux de «marnes argileuses compactes» du Kimméridgien supérieur, selon la description de G. WATERLOT et J. POLVECHE (1952). Ce niveau se trouve à - 6 m au Pont des Groies et - 14,60 m à Châteauroux, distants de 1500 m, soit un pendage vers le sud de 6 % environ. Entre le Pont des Groies et Champservé le Bas (WE) ce niveau passe de - 6 m à - 2 m, soit un pendage vers l'ouest de 2 % ; entre la Miardière (- 5 m) et Châteauroux (- 15 m) le pendage est de 4 % en direction du SW. Ces sondages confirment que la série jurassique, inclinée vers le sud (6 %) a été gondolée vers le SW, selon un axe sensiblement ESE-WNW, parallèle à une ligne La Miardière - Pont des Groies. Ces différentes valeurs suggèrent donc l'existence de fractures entre le Pont des Groies et Champservé *(figure 14)*, correspondant à des alignements repérés sur photographies aériennes.

D'autre part, le sondage du Pont des Groies a traversé une cinquantaine de mètres de marnes bleues compactes plus ou moins résistantes («banc-bleu» et «banc bleu marneux» alternés) qui pourraient représenter l'ensemble du Kimméridgien supérieur (J5b)**,le

* Cf infra, figures 237 et 238, les linéaments extraits des images de satellite.

** Cependant on ne peut voir dans ces marnes bleues inférieures un faciès du Kimméridgien inférieur qu'en supposant vers le sud une sédimentation moins calcaire et beaucoup plus marneuse que celle qui est observée en affleurement au nord du marais ; cela semble autorisé par les nombreuses variations de faciès de la série jurassique charentaise (J. DELFAUD, 1969). On peut aussi ne pas accorder de rôle particulier à ce banc bleu très dur, et considérer qu'au Pont des Groies comme à Rochefort-Porte Bégon, l'épaisseur du Kimméridgien est de l'ordre de 150 m (156 m à la Porte Begon, **Lecointre & al.**, 1955).

passage au Kimméridgien inférieur se faisant entre - 66,20 et-66,70 (- 62 cote absolue) où la sonde a rencontré un «banc bleu (sic) très dur à gros grains», reposant sur près de 40 m de marnes bleues.

Le sommet du «banc bleu» kimméridgien, noté à 2 NGF à Champservé, - 2 NGF à Châteauroux, a été retrouvé à - 15 m aux Epinettes (- 18 cote sondage, effectué semble-t-il en bordure du marais), ainsi qu'aux Fontaines près de la station électrique de Tonnay-Charente ; ces cotes indiquent un pendage vers l'WSW de l'ordre de 4 %, remarquablement constant depuis Champservé, et aboutissant à une sorte de palier tectonique situé entre les Epinettes et la vallée de la Charente. Ce palier pourrait ainsi expliquer l'existence du cap est-ouest qui facilite la liaison entre Rochefort et Tonnay-Charente.

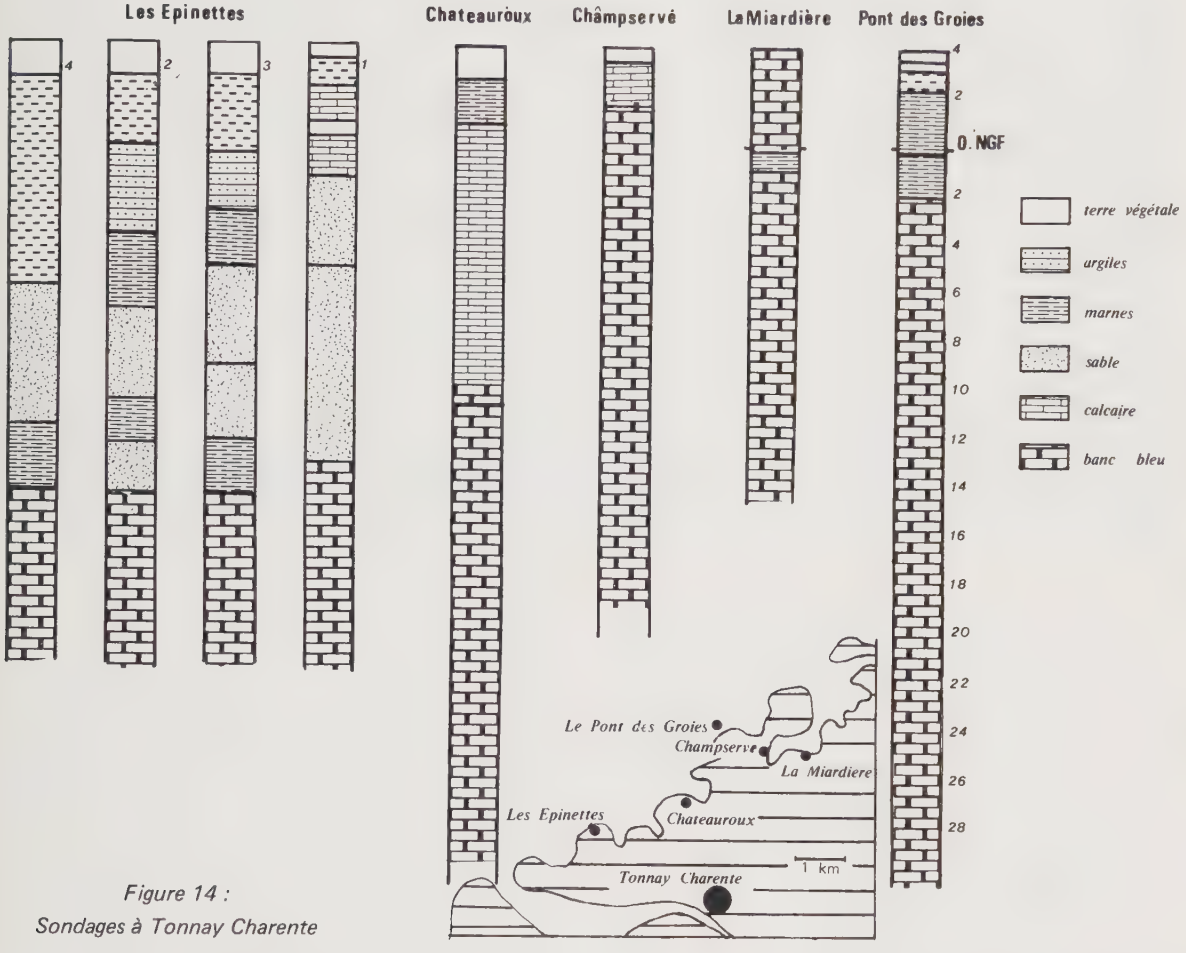


Figure 14 :
Sondages à Tonnay Charente

D'autres sondages implantés au Gué Charrau *(figure 15)* montrent comment le cours de la Gère a pu être guidé par un accident tectonique de type synclinal orienté NE-SW : un panneau monoclinal vers l'WNW fait descendre un «banc bleu», subordonné à une sédimentation alternée de calcaire et d'argiles, de - 10 à - 12 m ; ce même banc remonte à - 10 m, puis - 8 m au nord-ouest du cours de la Gère. Un autre sondage a rencontré ce même banc bleu à - 14 m au sud du hameau du Gué Charrau ce qui indique une inclinaison vers le sud, liée sans doute à l'ondulation anticlinale de Vérines-Nolon ; la présence d'une faille locale est probable. Enfin, on notera que si la roche en affleurement est bien le Kimméridgien inférieur J5 a, caractérisé par des «marnes bleu noir, collantes, avec quelques bancs de calcaires marneux, grumeleux ou compacts» (ce que le sondeur exprime par «argile compacte» «calcaire et argile», «calcaire dur»), l'épaisseur du «banc bleu» rencontré à l'est du hameau et sur la rive droite (soit 92 mètres), correspond approximativement à celle du Séquanien calcaire et marneux à bancs récifaux discontinus.

De la même façon, un profil établi entre Voutron et Yves, au nord-ouest de Rochefort *(figure 16)* montre que le «banc bleu» (des sondeurs) descend de 8 m à Voutron à 3 m à Yves, passant par des cotes voisines du Zéro NGF dans le marais. Le pendage observé entre Voutron et le Marouillet étant bien plus important que celui de la série monoclinale de l'Aunis, on peut voir là l'indice d'un accident tectonique local, qui aurait pu intervenir dans le creusement du bassin de Rochefort.

La série crétacée aussi est affectée d'accidents secondaires ; le niveau repère est le contact entre une couche calcaire du Cénomanien inférieur et un niveau de «sable» très fin, gris et souvent fluant dans les sondages, assimilable aux argiles noires de la base du Cénomanien ; situé à 1,60 m NGF au Magnou, ce niveau est à - 10 m à 1.200 m à l'ouest (Chevallier) (pendage de 8 %), atteint 0 NGF à l'angle NW du marais de Laubonière, descend à 4 m à 300 m à l'est. Ce marais de Laubonière est ainsi vraisemblablement limité par une faille de tracé général nord/sud, que l'on

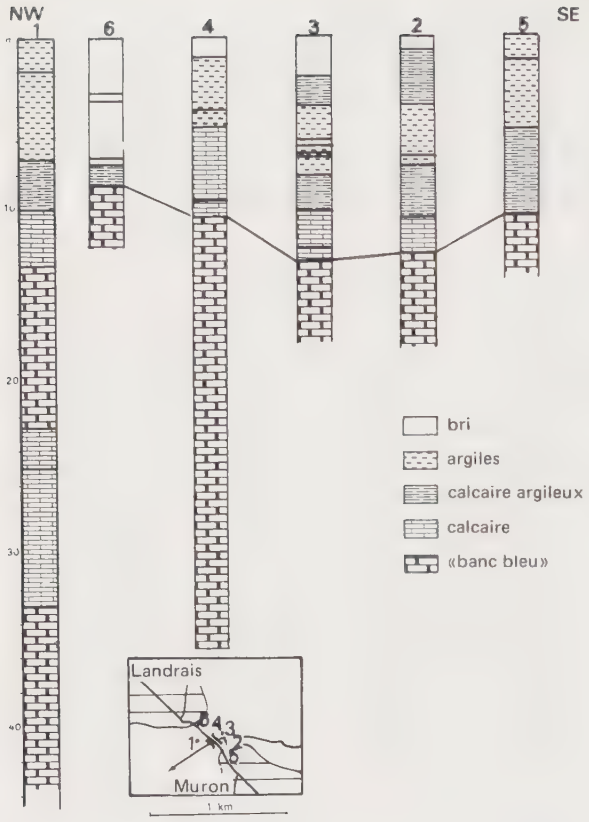


Figure 15 :
Sondages du Gué Charrau
(Ponts & Chaussées 1946)

peut suivre, avec quelques décrochements transversaux, depuis l'Anse de Fouras au nord par Laubonière, la limite SE du marais de Laubonière ; cette faille se prolonge au sud vers la Charente, puisque des sondages effectués en 1947 ont montré une dénivelée de 12 m (- 9 m à - 21,60 m) du plancher calcaire, entre les deux feux de Soumard.

b) le marais de Brouage

A la périphérie du marais de Brouage, il est possible de suivre grâce aux carrières ouvertes dans les assises terminales du Portlandien et la base du Cénomanien des valeurs de pendage.

On sait ainsi que l'axe de l'ondulation anticlinale de Saintonge passe sensiblement par Saint-Jean-d'Angle, puisque les pendages de 0 à 1° vers le S peuvent être relevés à Bourg-Nouveau et à St-Symphorien, mais les pendages les plus notables se font vers le SW, 5° environ d'après A. BOISSELIER (1892, p. 58). La variété de ces valeurs doit être mise en relation avec une série d'accidents qui ont affecté les terrains du Crétacé. Parmi les secteurs qui se prêtent le mieux à une telle étude, l'île d'Erablais et la Tour de Broue retiendront notre attention.

L'île d'Erablais s'élevait naguère à 9 m au-dessus du marais de Brouage, et comportait, sous un revêtement de sables rougeâtres, un banc de calcaire Cénomanien compact, de 1 à 1,5 m d'épaisseur. L'exploitation des sables sous-jacents pour les travaux routiers du pont de la Seudre a amené le décapage de la partie sud-orientale de ce banc. Ce dernier présentait une sorte de cuvette orientée sensiblement SE-NW, profonde de 2 à 3 m pour un développement horizontal d'une vingtaine de mètres. En coupe et observée depuis le sud cette couche possède un très léger pendage vers l'est-sud-est *(figure 17)*. On peut reconnaître dans la carrière des niveaux inférieurs du Cénomanien charentais : au sommet, sables argileux jaunes ou verdâtres, très glauconieux à la base ; au-dessous, calcaire gréseux très dur, reposant sur des sables micacés comportant quelques mètres d'argiles souvent verdâtres au sommet. A Erablais, un banc résistant de

Figure 16 :
Sondages entre Yves et Voutron

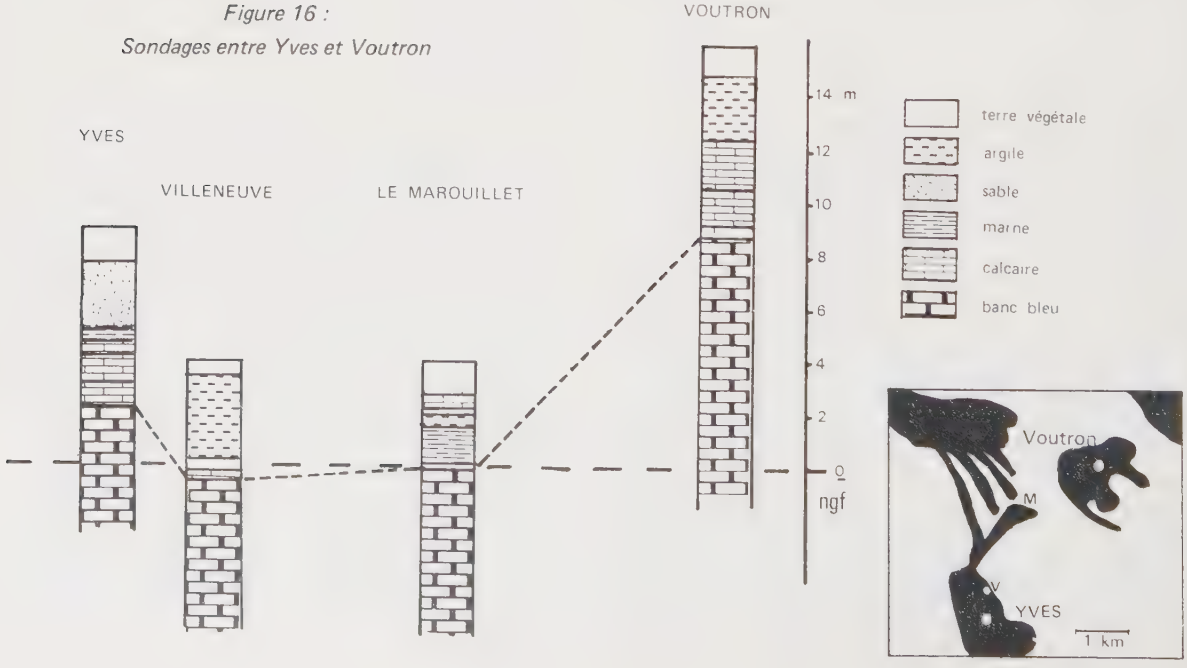


Figure 17 :

Disposition synclinale des calcaires cénomaniens d'Erablais

grès existe à une altitude voisine de celle du marais (2 à 3 m) ; ces sables micacés n'auraient ici que 6 à 7 m d'épaisseur et constituent la base du Crétacé inférieur transgressif*. Des sables ferrugineux assez grossiers du Cénomanien apparaissent au sud d'Erablais, dans les carrières proches du terrain d'aviation de Marennes ; l'inclinaison de cette strate serait supérieure de 1,5 % (0,50°) alors que le pendage moyen sur le flanc sud de l'anticlinal de Brouage est voisin de 2 à 3° ; ceci pourrait être l'indice d'un accident tectonique secondaire parallèle à l'axe de l'anticlinal : une faille (ou une flexure) pourrait contribuer à rendre compte du tracé rectiligne de la bordure sud du marais de Brouage. A. BOISSELIER notait (1892, p. 56) que l'anticlinal de Brouage est haché de failles parallèles : «on en voit sur le bord du marais, au nord de La Gripperie par exemple, qui présentent des prolongements tantôt au NE, tantôt au SO, comme des plis secondaires» ; J.P. PLATEL et P. MOREAU (1977) ont montré l'existence d'une telle faille au nord de la presqu'île de Broue.

L'étude de l'extrémité méridionale du marais donne en effet l'exemple d'un tracé très rigide des formes en plan. L'étude des photo-alignements fait apparaître cette région comme un carrefour d'orientations diverses *(figure 18)*. Etabli de la même façon que les diagrammes de Rochefort, ce graphique montre l'interférence des trois directions principales : SE-NW, WNW-ESE et sensiblement E-W, accompagnées de direction perpendiculaires beaucoup moins fréquentes. La direction «saintongeaise» SE-NW est surtout dominante dans la partie occidentale (N et W de St-Sornin) et affecte la presqu'île de Broue, qui présente une ondulation de type synclinal, dissymétrique au NW du Talut.

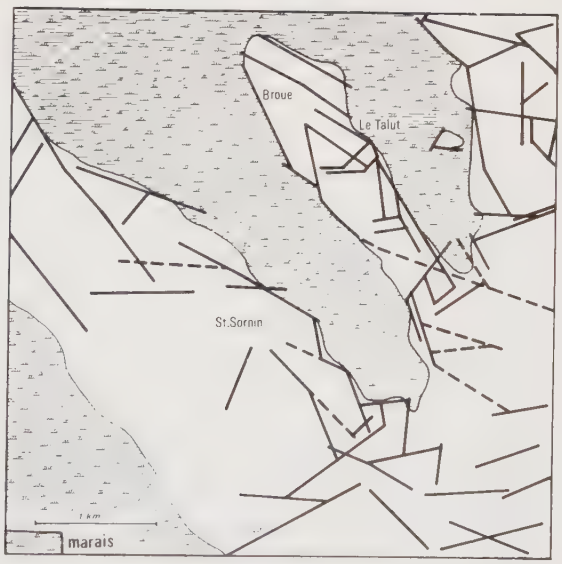


Figure 18 :

Photostructures ou linéaments au sud-est du marais de Brouage
(comparer aux croquis pages 368 et 369)

Si cet accident se prolonge jusqu'à Erablais, il faut concevoir l'existence d'un panneau monoclinal affecté par une ondulation synclinale sud-est / nord-ouest qui plongerait vers le nord-ouest (25 m à Broue, 10 m à Erablais) c'est-à-dire à contresens de l'élévation générale

* Ces faciès sableux à sablo-argileux, s'observent dans le marais entre Broue et Erablais.

de l'anticlinal de Saintonge, ou la présence d'une faille oblique à l'axe de l'anticlinal ; de toutes façons, les pendages observés : tour de Broue en direction du sud-est, 4 à 5° et Erablais en direction du nord-est supposent une ondulation anticlinale entre les deux, suffisante peut-être pour que la «surface éogène» ait atteint les roches tendres que sont les marnes schistoïdes et les argiles multicolores de l'Infra-Cénomanien, favorisant ainsi l'action de la reprise d'érosion plio-quaternaire, et le creusement d'une dépression encore encombrée d'îles entre Erablais et Broue.

La direction ouest - nord-ouest / est - sud-est, qui est celle de la limite orientale du marais dans cette région et se retrouve sous forme d'alignements dans la presqu'île de Broue, est moins fréquente dans la tectonique régionale ; c'est cependant la direction que prennent le cours de l'Arnoult vers la Clisse, les marais du Rivolet près de Corme Royal, l'Arnoult en aval de Pont l'Abbé.

La direction sensiblement ouest-est, est liée à ce mouvement fini-jurassique, mais ces photo-alignements très modestes ne sont en rien comparables aux directions dominantes évoquées ci-dessus.

Ainsi, la trame tectonique de la série crétacée s'éclaire aussi par le concept de tectonique croisée : l'influence des mouvements orientés ouest-est diminue au fur et à mesure que l'on se dirige vers le sud, comme le confirme l'étude du cadre continental des marais de la Seudre et de la presqu'île d'Arvert.

c) Les marais de la Seudre

Le parallélisme entre le cours de la Seudre en aval de l'Eguille, les bordures crétacées du marais de Brouage et l'estuaire de la Gironde est un trait frappant de la géomorphologie saintongeaise. On sait que ces orientations NW-SE sont dues au bombement anticlinal de Saintonge, dont la Seudre occupe la retombée méridionale.

La situation de la Seudre au pied du coteau de Mornac, la modestie des dénivelées au nord vers Luzac et Saint Just, les observations géologiques, ont très tôt conduit les auteurs à définir les marais de la Seudre comme des marais associés à une dépression monoclinale en avant de la cuesta du Campanien supérieur. En réalité la limite nord-est des affleurements des couches du Crétacé supérieur fait avec le cours de la Seudre, un angle d'une dizaine de degrés, et si la Seudre est bien en position de dépression monoclinale de Chaillevette à la mer, au sud-est de cette localité, le marais du Liman occupe une dépression dans les calcaires argileux du Campanien inférieur alors que le marais de la Seudre vers l'Eguille est entaillé dans les calcaires en bancs alternativement jaunes ou grisâtres de 30 cm ou présentant un faciès de calcaire argileux à silex. On observe ansi que d'amont en aval, la Seudre entre en contact successivement avec le fond de la dépression orthoclinale vers l'Eguille, puis avec le front de la cuesta à l'ouest de Chaillevette.

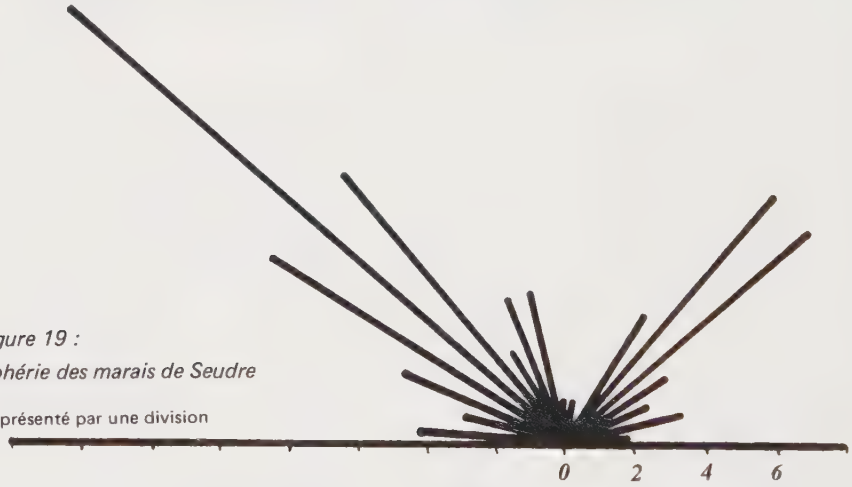


Figure 19 :
Linéaments à la périphérie des marais de Seudre
Chaque linéament est représenté par une division

Le Campanien, qui crée un coteau entre Chaillevette et Avallon s'efface en un faible ressaut au-dessous des marais de la Tremblade, . J. CHARDONNET (1972, p. 4) en tire argument pour une inclinaison des strates vers le nord-ouest ; on ne manquera cependant pas de noter que les faciès du Campanien de l'intérieur, sont lithologiquement contrastés.

Quoiqu'il en soit, la position monoclinale de la Seudre est bien établie, et ceci peut expliquer aussi la dissymétrie de la vallée (que J. CHARDONNET attribue à la progression du cordon sableux de Marennes). Les îles de Nieulle, Souhe et des fermes de Thomas, Echervaise, le Fief, l'Ilate montrent une orientation générale nord-ouest / sud-est qui est celle de la cuesta campanienne : entaillées dans le Coniacien (sauf Nieulle en calcaire turonien), elles sont au nord, de Souhe à Saujon, couronnées de calcaires jaunes, durs, alors que les calcaires blancs jaunâtres en bancs sont responsables de la presqu'île de l'Eguille.

L'étude des photo-alignements *(figure 19)* montre une très faible dispersion des 120 orientations relevées. On note que 37,5 % des orientations sont nord-ouest, alors que la direction complémentaire nord-est en admet 22 %. Les trois cinquièmes des segments sont donc à mettre en relation avec un pendage vers le sud-ouest, qui est celui du flanc sud de l'anticlinal de Saintonge (1 à 2°). Une direction subméridienne (70 à 90°) voisine de celle de la Garonne près de Blaye et de la Seugne à Pons intervient modestement (10 %) au niveau des échancrures méridionales de la cuesta campanienne, et à l'est, vers Saujon.

G. BERGER et Y. TERNET (1968) ont noté que de légères ondulations transversales affectent le volet méridional de l'anticlinal de Saintonge, que l'on «remarque facilement, depuis le large, dans les falaises de la côte». Ils ont repéré des diaclases verticales, orientées N45°, dans les calcaires coniaciens et turoniens, qui seraient à l'origine des «vallées maintenant occupées par

les marais». Si cela ne fait aucun doute pour les marais de la région de Royan, il n'en est pas de même pour les échancrures et îles de la Seudre.

Les photo-alignements montrent que cette direction est plus fréquente que la direction N à N10° E citée par les auteurs de la carte géologique. Cette divergence peut provenir du fait que la photo-géologie est d'abord une étude morphographique, dont on déduit des traits structuraux probables ; il est bien évident que les faits structuraux sans expression géomorphologique, ne peuvent être ainsi repérés. Pourtant des «diaclases verticales... (qui) décalent les couches verticalement», surtout lorsqu'elles sont fréquentes, devraient avoir une expression géomorphologique. Il est donc probable que ces diaclases sont assez rares dans le secteur que nous avons étudié, et plus fréquentes vers l'est : Y.TERNET et G. BERGER ont d'ailleurs étudié surtout la région de St-André-de-Lidon.

Enfin, on notera que l'orientation de la côte étant d'environ N 110° E en moyenne, selon les auteurs de la carte géologique, serait à rapprocher de diaclases «plus frustes», le plus souvent verticales, mais parfois inclinées de 60 à 80° vers le nord ; cette orientation proche du sud-est / nord-ouest est particulièrement fréquente dans les photo-alignements, sur les cartes et sur le terrain.

Les sondages effectués pour la construction des ponts de La Tremblade permettent une représentation plus concrète du cadre géologique de la Seudre. A La Tremblade, du sud-ouest au nord-est (Ponte du Mus de Loup - Plage de Marennes), dix sondages ont rencontré un fond rocheux composé de calcaire marneux, calcaire bleu compact, craie, marne, craie, calcaire gris, calcaire disloqué, calcaire gris compact, etc... En l'absence d'analyse paléontologique, il est toujours difficile de préciser les étages auxquels appartiennent ces formations ; en s'appuyant sur la description des faciès, il est tout à fait possible que nous ayons affaire aux calcaires marneux de la base du Campanien à l'extrêmité sud-ouest, reposant sur les strates du Santonien, lequel serait relayé sous la plage de Marennes, par les calcaires grisâtres (ou blanc jaunâtre) du Turonien supérieur ; l'absence du Coniacien pourrait être due à une faille au pied de laquelle se serait installée une paléo-Seudre (cote du bâti rocheux : - 18 m NGF, alors que le lit de la Seudre actuelle repose à - 14 NGF sur de la craie).

Quoi qu'il en soit de ces déterminations, l'existence d'un accident tectonique nord-ouest / sud-est dans cette région paraît établie par le rapprochement vers le nord-ouest des affleurements de Campanien et de Cénomanien : 5 km à La Tremblade contre 8 à Saujon, ainsi que par l'étude des sondages dans le détroit du Chapus. La complexité des interférences entre failles, flexures et ondulations tectoniques est apparue lors de la construction du Pont d'Oléron *(cf infra, figure 24)*

Ainsi, il apparaît que si la trame tectonique des Marais Charentais est bien connue à l'échelle régionale, qui est celle des cartes géologiques à 1/320 000 ou même à 1/80 000, de nombreux phénomènes d'ampleur plus modeste parviennent à une certaine expression géomorphologique. C'est donc l'étude à grande échelle, ici à 1/15 000 grâce aux photographies aériennes, à 1/1 000 ou à 1/10 000 avec les sondages pour la recherche de l'eau ou la construction de ponts, qui permet de préciser les modalités d'action de la lithologie et de la tectonique dans les formes du relief.

CONCLUSION

1 - Les méthodes

a) L'analyse des sondages repose sur la possibilité d'identifier tel faciès résistant, souvent appelé «banc bleu», «calcaire dur», etc... avec un niveau résistant décrit dans la littérature et sur la carte, procédé d'identification très approché et rejeté par les géologues contemporains. Néanmoins sur de très courtes distances les cycles sédimentaires ne varient guère, non plus que les épaisseurs moyennes ou les faciès ; d'autre part, nous n'avons retenu que les exemples où la corrélation paraissait la moins hasardeuse. Il reste que, si le schéma tectonique du bassin de Rochefort comporte une densité suffisante d'alignements, ces derniers sont beaucoup plus rares dans le bassin de Brouage.

b) Les photo-alignements sont des phénomènes bien connus en interprétation d'images et leur signification est rarement univoque. La longueur minimale retenue de 300 mètres permet d'exclure les faits d'aménagement humain, surtout en Charente littorale où les parcelles sont menues.

Il serait sans doute assez curieux que les limites lithologiques suivent des lignes droites ; on peut donc considérer comme probable que la tectonique soit responsable au moins en partie, des orientations relevées. De fait, on retrouve dans ces linéaments les directions de cassures de la série crétacée relevées par J.P. PLATEL et P. MOREAU (1977). Signalons enfin qu'on a pu mettre en relation des faits de tracé du réseau hydrographique avec des accidents tectoniques profonds (M. BOYE, M. MOULINE, L. PRATVIEL, C. VIGUIER, 1968). La vérification systématique sur le terrain de tous ces linéaments conduirait à réaliser une étude tectonique détaillée de la périphérie des Marais Charentais, qui ne paraît pas indispensable pour la compréhension du milieu naturel actuel de ces marais.

2 - Les faits

Les principaux phénomènes mis en évidence par les auteurs des cartes géologiques (faciès des roches, directions tectoniques principales, etc...) ont été confirmés par l'étude de carrières, de sondages et de photo-alignements : on ne s'était d'ailleurs pas proposé d'apporter des faits nouveaux dans ce domaine, à l'échelle régionale, puisque le quadrillage tectonique des Marais Charentais est un fait connu à petite échelle ; M. GAUTIER (1962) avait voulu en faire un critère distinctif des Marais Charentais.

Par contre, l'étude des alignements photographiques a pu mettre en évidence l'amortissement vers le sud des

directions est / ouest et leur remplacement progressif par les directions sud - est / nord - ouest. Même si ces alignements peuvent ne pas être dans leur totalité dûs à des mouvements tectoniques, le phénomène d'imbrication progressive dans l'espace de deux directions paraît établi.

De la même façon, l'existence d'îles dans le bassin de Rochefort apparaît en relation avec la tectonique, au moins pour celles qui, comme Ludène ou même Flay, s'élèvent d'un seul jet de 6 à 15 m au-dessus du marais ; leur plus grande fréquence est due à l'existence de massifs coralliens discontinus, de bancs de calcaires compacts qui ont pu localement résister à l'érosion aréolaire continentale à l'époque tertiaire ou à l'entaille quaternaire.

Dans le bassin de Brouage par contre, la nature argilosableuse de l'Infra-Cénomanien comme du Cénomanien rend compte de l'absence d'îles, sauf lorsque la tectonique le suggère (Broue, Erablais, Malaigre) ou que la présence de niveaux résistants le permet.

II - LES SURFACES D'APLANISSEMENT AU VOISINAGE DES MARAIS CHARENTAIS

Les surfaces d'aplanissement rythment l'évolution géomorphologique d'une région, dans l'hypothèse cyclique comme dans l'hypothèse acyclique. La présence d'une discordance infra-cénomanienne et l'extrême variété des dépôts attribuables au Tertiaire autorisent la recherche de trois types d'événements successifs à partir de leurs témoignages dans la géomorphologie actuelle. Une surface infra-cénomanienne dont H. ENJALBERT (1960, p. 52) a souligné qu'elle n'était attestée qu'au voisinage même des affleurements du Cénomanien a donc affecté la région ; le problème de la - ou des - surface(s) du Tertiaire sera traité en recherchant si la «surface éogène» des auteurs est ou non assimilable à la «pénéplaine de l'Ouest de la France», dont C. KLEIN (1975) vient de montrer qu'elle est une surface acyclique ayant atteint un haut degré de perfection à la fin de l'Oligocène.

On envisagera ensuite les témoignages d'une reprise d'érosion mio-pliocène ou plio-pléistocène, en liaison avec l'interprétation retenue pour les formations sommitales de la butte de Moragne.

1) La surface infra-crétacée

La surface infra-crétacée, précisément infra-cénomanienne s'étend sur la bordure méridionale du marais de Rochefort, depuis St Laurent-de-la-Prée jusqu'à Moragne, développée aux dépens des calcaires argileux et marnes du Kimméridgien supérieur, sur la bordure nord du marais de Brouage où elle entaille sur les calcaires argileux et marnes du Portlandien supérieur à faciès purbeckien (carte géologique de Rochefort).

Les mers portlandiennes ont abandonné une surface de régression dans le plan de laquelle se rencontrent des faciès marneux et gypseux tendres et de surcroît peu épais : absent à Rochefort, le Portlandien ne semble guère dépasser 10 à 15 mètres d'épaisseur autour du marais de Brouage, alors que P. GILLARD en a observé 37 mètres dans l'intérieur près de Juicq et La Fredière (1944, p. 136).

Pendant la trentaine de millions d'années séparant le Portlandien du Cénomanien, une topographie s'est élaborée dans nos régions, affectée par une première phase de mouvements tectoniques orientés est - ouest (G. WATERLOT, 1941) qui a accentué la dissection des argiles rouges à Mégalosaure que A. BOISSELIER place au sommet du Portlandien.

On peut voir dans le «lit de graviers avec cristaux de gypse rose n'ayant que quelques centimètres d'épaisseur» que A. BOISSELIER a observé en contrebas de la Mingolière, à Soubise (1892, p. 7), le témoignage d'une lagune gypsifère recouverte par la transgression cénomanienne. Le climat au Crétacé inférieur ayant oscillé entre des nuances tropicales humides et tropicales sèches, circonstances particulièrement propices à l'élaboration d'aplanissements, autorise cette interprétation, d'autant que les mouvements du sol ont interféré avec les oscillations climatiques, pour raviver le dynamisme des reprises d'érosion. Cette «reprise d'érosion antécénomanienne» (C. KLEIN, 1975, p. 293) a été observée sur les marges occidentales du Bassin Parisien et en Vendée (M. TERS, 1961, pp. 127 - 143). En Charente littorale, cette époque est aussi marquée par des mouvements tectoniques ; la transgression cénomanienne s'est effectuée sur une topographie variée : à Malaigre on trouve par exemple une brèche à éléments de calcaire portlandien, cimentés par de la calcite et rougis à l'extérieur par des sels de fer apportés par la série transgressive cénomanienne.

Les faciès attribués à l'infra-Cénomanien transgressif dans lesquels dominent les sables, présentent tous les aspects morphoscopiques, parfois dans la même carrière comme à la Gripperie St Symphorien ; les argiles rouges, blanches ou lie de vin montrent que c'est aux dépens des matériaux du socle qu'a été fossilisée cette surface, comme en Normandie, en Anjou, en Vendée. P. MOREAU (1968, p. 75) a rapporté les minéraux lourds du Cénomanien charentais au socle vendéen, et l'analyse minéralogique d'une argile lie de vin des Fours, à St Jean d'Angle, a montré une kaolinite très bien cristallisée exclusive comme il s'en rencontre dans les sols ferrallitiques tropicaux.*

L'extension actuelle de cette surface infra-cénomanienne est assez nette au nord de Rochefort, où on la suit de St Laurent la Prée à Moragne : très bien conservée au nord de Tonnay-Charente et sur l'île de Breuil-Magné, elle peut être retrouvée près du Rocher d'Yves où un lambeau de sable cénomanien est piégé dans un angle de faille. A L'île de Ludène, un faciès de lumachelle à Gastéropodes et Lamellibranches a montré (analyse J.J. FLEURY) la présence de *Pseudocyclammina* probable, foraminifère commun au Portlandien et au Cénomanien ; par contre un autre échantillon contenait des *Praealveolines* bien nettes : il pourrait dater du Crétacé inférieur et attester ainsi la présence de la surface infra-cénomanienne à Ludène, à 17 m d'altitude.

Il serait sans doute tentant de voir dans le plateau d'Aunis un élément de cette surface, mais s'il est exact que le Cénomanien inférieur a bien submergé le seuil du

* Les analyses publiées dans la notice Rochefort à 1/50.000 présentent une kaolinite, souvent dominante, mélangée à des smectites et secondairement de l'illite (P. BOUGUEIL, P. MOREAU, 1972).

Poitou, bassin Parisien et bassin Aquitain étant réunis (P. JUIGNET, J. LOUAIL, M. NEUMANN, F. POURMOTAMED, 1974), il ne reste plus guère de témoins crétacés entre Rochefort et Poitiers. D'autre part on doit noter qu'au Rocher d'Yves même, les sables cénomaniens et la faille qui a permis leur conservation sont recoupés par une même surface plane, située vers 10 - 12 m d'altitude et nécessairement post-crétacée.

Autour du marais de Brouage, cette surface infra-crétacée est en voie de dissection entre Saint-Froult, Beaugeay et l'île Bordeaux.

Ainsi, la surface infra-crétacée n'est développée qu'aux abords méridionaux du marais de Rochefort au nord et à l'est du marais de Brouage. Dans l'un et l'autre cas, elle est loin d'avoir conservé une éventuelle planéité originelle ; ses altitudes oscillent entre 3 et 15 m au sud de Rochefort, 3 et 20 m au nord. Si le long d'un axe parallèle à la gouttière synclinale de la Charente, de Touchelonge à la Cossonière au sud de Lussant, le Cénomanien reste aux environs de 10 m NGF, on le voit, à l'ouest de Breuil Magné, passer en 1500 m de 3 à 20 m, atteindre 20 - 25 m à Moragne et au nord de Lussant, mais 10 à la Mourière située à la même latitude. Ceci peut être interprété comme un indice de mouvements de gauchissement communs au Kimméridgien et au Cénomanien ; cependant les nombreuses variations latérales et verticales de faciès ne permettent pas d'exclure, à l'échelle où nous nous situons, que l'érosion antécénomanienne n'ait pu réduire des vallées «pré-cénomaniennes» inscrites dans cette topographie post-jurassique.

2) Les topographies tertiaires

Pour l'Aquitaine septentrionale, l'époque tertiaire est une période d'évolution continentale dominante (M. VIGNEAUX, 1975, p. 20) avec quelques incursions marines de faible ampleur, dont témoignent en particulier les calcaires éocènes de la pointe de Vallières. Partout ailleurs les argiles à silex, les cailloutis, les grès témoignent d'une évolution continentale. On sait en effet qu'au Tertiaire inférieur, «les climats de tonalité chaude et humide ont alterné avec des climats de tonalité chaude et sèche» (C. KLEIN, 1975, p. 373), les premiers étant favorables à la genèse des argiles à silex, alors que les silicifications relèveraient des seconds. Le Lutétien, époque des dépôts (lacustres et) marins de la bordure girondine étant plus aride, un climat alternativement sec et humide accompagné d'une baisse progressive des températures caractérise les temps post-Oligocène.

La plupart des dépôts qui subsistent peuvent être utilisés pour jalonner une ou des surfaces d'aplanissement, mais la position stratigraphique de ces témoignages est souvent mal assurée. Ainsi les poudingues d'Arvert et d'Etaules comportent-ils des faciès conglomératiques à galets, dont A. CAILLEUX (1948, p. 135), affirme que jusqu'à plus ample informé, on peut admettre qu'(ils) sont à peu près contemporains de l'Eocène, ou légèrement postérieurs ; or G. BERGER et Y. TERNER (1968) admettent que ces blocs, que l'on rencontre, et dans les poches karstiques du Campanien et à la surface sont «vraisemblablement d'âge tertiaire» (p. 2). Les silex qu'ils comportent sont issus de craies à silex locales. Des argiles de décalcification sableuses et riches en silex apportées en mer par les rivières éocènes ont permis d'édifier une barrière littorale de sables et de galets entre les emplacements de la Seudre et de la Gironde actuelles (M. KIEKEN, 1973, p. 41). Les épisodes plus arides de la période éo-nummulitique (Bartonien-Sannoisien) ont contribué à parfaire la silicification de ces formations, qui avait pu débuter lors d'épisodes plus secs de l'Eocène inférieur ; les grès non fossilifères de la presqu'île d'Arvert en porteraient témoignage. Cet ensemble de témoins d'âge Eocène à Oligocène, permet donc de définir la surface des plateaux crétacés entre Seudre et Gironde comme dérivant d'une surface d'aplanissement «éogène» dont H. ENJALBERT (1960, p. 66 - 75) a étudié l'extension dans le Bassin Aquitain : «il vaut mieux parler de **surface éogène** - surface d'altération plus encore que d'érosion - plutôt que de **pénéplaine éogène** pour définir le modelé élaboré dans les pays Aquitains et le Limousin, à l'Eocène inférieur» (p. 170).

Il ne semble pas qu'en Charente littorale, on puisse attribuer à l'Eocène inférieur la mise en place de la surface des plateaux d'Arvert, car la région est restée exondée depuis le Campanien - à l'exception d'un bref épisode lacustre ou littoral au Lutétien (M. VEILLON et M. VIGNEAUX, 1961, a et b), - jusqu'à la fin du Tertiaire. Cette surface est donc une surface d'altération post-campaniennne regradée à plusieurs reprises au cours du Tertiaire ; le soulèvement de l'ondulation anticlinale de Brouage - dont A. FABRE (1939) a montré qu'il fut un phénomène quasi-permanent à l'Eocène moyen et terminal -, l'érosion progressive du volume saillant ainsi formé paraissent aptes à rendre compte de la présence dans le même plan de formations aussi hétérochrones que par exemple les argiles de décalcification du Campanien, les calcaires lutétiens, les grès et conglomérats d'Etaules. Nous aurions affaire ici non pas à une surface d'aplanissement, une pénéplaine, mais à une «surface acyclique» qui, née plane, est restée plane depuis cette époque (C. KLEIN, 1975).

Cette surface acyclique a été en partie recouverte par de l'argile à silex remaniée (bief à silex d'A. CAILLEUX, Rs des cartes géologiques de Saintes et de Royan, e-p **pro parte** de la carte de Rochefort), sur des épaisseurs assez faibles, sauf en cas de piégeage dans des poches de dissolution. Sur la butte de Moragne, comme dans le «complexe des Doucins» de Saintonge (J.P. PLATEL, P. MOREAU, 1977), les remaniements se sont poursuivis jusqu'à l'époque récente, puisque des limons éoliens y sont mélangés.

3) La dissection des topographies tertiaires

La dissection de la surface «éogène» est l'un des événements géomorphologiques capitaux pour la compréhension des formes du relief actuel.

Malheureusement la dissection s'accompagnant d'une exportation de matériel, son étude est bien plus délicate que celle des périodes de remblaiement. Il faut faire appel à des événements d'ordre à la fois climatique et tectonique. Nous utiliserons pour ce faire principalement les travaux d'H. ENJALBERT (1960), et des géologues du Bassin Aquitain (M. KIEKEN, 1973), M. VIGNEAUX et coll. 1975, etc...).

La région charentaise appartient à la «zone nord-aquitaine» (M. KIEKEN, 1973, p. 47), qui forme avec la plateforme bretonne un «bloc homogène qui a toujours joué dans le même sens» ; elle fut, depuis l'Eocène jusqu'au Miocène, le siège d'une sédimentation épi néritique. En réalité, l'Oligocène fut une phase de mouvements tectoniques sensibles dans tout le nord de l'Aquitaine : à la fin de l'Oligocène, mais surtout au Miocène, le soulèvement d'ensemble du panneau nord-

aquitain entraîne une progradation du talus continental vers le sud-ouest (M. KIEKEN, 1973, p. 48) et donc une dissection de la surface acyclique rapprochée ci-dessus de la «pénéplaine de l'ouest de la France».

Cependant, les séries sédimentaires associées dans le Bordelais et la plateforme continentale ne signalent pas de sédimentation détritique importante. C'est sans doute que le soulèvement était contrebalancé par la dissection et le transport des débris en direction des lieux de sédimentation, lacs, lagunes ou mers épicontinentales. Les faciès du Miocène girondin (A. FABRE, 1939) autorisent une telle interprétation.

Pour H. ENJALBERT (1961, p. 108-109) «on ne peut douter, lorsque s'achèvent les temps tertiaires, que les topographies planes aient représenté à peu près partout en Aquitaine la note dominante du modelé. Remblaiements et aplanissements se sont multipliés au point de remplir toutes les cuvettes et de niveler la plupart des régions hautes. En fait l'histoire géologique du Bassin Aquitain vient de s'achever ; sa morphologie, très simple, se réduit à peu près partout à des surfaces planes». Des mouvements tectoniques d'âge pliocène, attestés en Aquitaine méridionale seraient responsables d'une reprise d'érosion plio-quaternaire, marquée «au début du Quaternaire par une conjonction extraordinaire des forces internes (orogenèse) et des forces externes (système d'érosion de type aride) pour amorcer et développer une évolution originale du modelé». (p. 118).

En Charente littorale, les témoignages d'une telle évolution sont particulièrement rares. Certes, les fractures sont nombreuses dans les séries calcaires (cf. supra), mais on n'a pas de preuve d'un éventuel rejeu plio-quaternaire. Les seuls témoignages utilisables sont le dépôt «pliocène» de La Morelière et les formations superficielles que l'on retrouve au plancher des sondages profonds dans le bri . *

Dans une étude beaucoup plus détaillée qu'il ne nous est possible de le faire ici, C. KLEIN (1975) a montré comment tout au long du Tertiaire supérieur, mouvements tectoniques et phases climatiques se sont combinés du Poitou au Cotentin. La discrétion des dépôts attribuables à cette époque ne permet pas de reconstituer avec précision une évolution vraisemblablement parallèle. Le «panneau nord aquitain» (M. KIEKEN, 1963) tectoniquement et historiquement solidaire du monde «hercynien», a pu en effet évoluer à un rythme différent de celui des autres panneaux de l'Aquitaine dans lesquels H. ENJALBERT a trouvé les indices principaux de sa démonstration.

Le «falun» et les sables pliocènes de La Morelière peuvent être évoqués à l'appui d'une évolution «acyclique» continue jusqu'à la dernière période du Tertiaire : la finesse de ces sédiments témoignerait d'un relief peu énergique.

La profondeur atteinte par les vallées : 18 m pour la Seudre, 23 m pour le Havre de Brouage, 29 à 30 m pour la Charente, serait-elle le résultat de l'érosion quaternaire comme le suggère H. ENJALBERT, ou ces profondeurs ont-elles été atteintes progressivement, au cours du Tertiaire supérieur, et les vallées déblayées par la suite comme en Vendée (M. TERS, 1960) ? La comparaison des formations superficielles des plateaux et des cailloutis et graviers rencontrés lors des sondages sous le bri devrait d'autre part, permettre d'apporter quelques informations sur ce point ; mais l'étude systématique des formations superficielles quaternaires reste à faire en Charente Maritime. Il a semblé que cette étude ne pouvait être menée sans prendre en compte l'ensemble des formations superficielles du bassin de la Charente, dépôts des plateaux, terrasses des vallées, faciès divers de remblaiement comme les tourbes et le bri. Un tel objectif dépasse bien évidemment notre propos, limité aux seuls Marais Charentais, même si la résolution des problèmes de l'évolution quaternaire des paysages peut permettre de mieux comprendre l'origine du bri par exemple. Ici encore, on a préféré limiter volontairement le champ et les thèmes de l'étude, «borner le champ pour mieux le labourer».

A l'aurore du Quaternaire, la dissection paraît largement entamée dans la région étudiée ; dans les calcaires du Crétacé supérieur, la surface acyclique développée depuis le Maestrichtien est disséquée, les niveaux moins résistants du Coniacien commencent à être déblayés par la vallée d'une pré-Seudre ; aux dépens des sables et argiles du Crétacé inférieur que le bombement anticlinal de Brouage a constamment soumis à l'érosion au cours du Tertiaire, ainsi que des marnes et calcaires marneux du Portlandien, un cours d'eau issu de la région de Blénac traverse vers le nord-ouest le «bray» de Brouage ; il est probable que le rejeu d'accidents tectoniques ait contribué à en guider le tracé. Plus au nord, si le tracé de la Charente devait être voisin de l'actuel, le réseau de ses affluents, aujourd'hui ensevelis sous le bri, ainsi que des éventuelles rivières cotières entre Fouras et La Rochelle, est difficile à restituer.

On insistera sur le caractère hypothétique de ces reconstitutions, dû à l'extrême discrétion des témoignages disponibles. Fallait-il alors rechercher dans une grande région charentaise, entre Vendée, Limousin et Gironde, voire Agenais, tous les indices possibles ? Une étude géochronologique et paléogéographique régionale, indépendante de l'étude des marais serait sans doute nécessaire pour mieux comprendre la planéité des paysages charentais.

Un tel travail requiert l'emploi des méthodes géologiques qui ont fait leurs preuves en géomorphologie, au point de paraître parfois s'y substituer. Nous avons préféré à plus grande échelle étudier des phénomènes plus réduits spatialement, et à propos desquels plusieurs méthodes, d'origines différentes, pouvaient être appliquées en vue de l'explication des formes actuelles du relief, existant **dans** *les marais maritimes.*

On considérera donc cette esquisse du cadre géomorphologique des Marais Charentais comme l'étude d'un «cadre où l'essentiel n'est pas le cadre, mais ce qui est encadré». (Ph. PINCHEMEL, 1957). Cependant, deux conclusions paraissent s'imposer : la platitude des horizons et la sédimentation fine sont des thèmes fort anciens des paysages charentais.

La platitude des horizons est encore plus nette que sur les marges armoricaines où, des Mauges au Cotentin, et durant la plus grande partie du Secondaire et du Tertiaire, C. KLEIN (1959 à 1975) a pu mettre en évidence un régime

* Aucun échantillon de ces formations n'a pu être observé.

d'évolution acyclique caractérisé par des niveaux de base à peu près stables ou très légèrement mobiles, des mouvements tectoniques de faible ampleur ou à vitesses lentes ; ce régime se termine à la fin du Miocène à l'est du Massif Armoricain, au cours du Pliocène pour les contrées étudiées ici ; alors des mouvements du sol plus rapides et plus amples auraient déterminé l'incision des rivières et le début de dissection de l'aplanissement acyclique antérieurement élaboré. Ce bouleversement, ce changement de rythme avait déjà été évoqué par H. ENJALBERT (1961, p. 72) : «La Saintonge méridionale nous offre l'exemple remarquable d'une topographie ancienne assez bien conservée et qui ne doit pas différer beaucoup de la surface éogène, mais qui a cependant été basculée au point que son drainage est aujourd'hui inverse de celui qui s'était constitué au Tertiaire inférieur». Si l'on peut discuter de telle ou telle particularité de cette évolution et de ses implications géomorphologiques, il ne fait de doute pour personne que la région charentaise a connu, peut-être dès la fin du Miocène à l'état de prémisses, mais surtout au Pliocène (voire au Quaternaire ancien ?) des mouvements tectoniques d'amplitude non négligeable dont la géomorphologie doit porter témoignage, tant il est naturel de penser avec C. KLEIN que «la logique des formes est celle de leur passé». La modestie de mouvements qui ne se sont guère marqués que par une réactivation de cassures anciennes échappe d'ordinaire aux études à plus petite échelle.

La sédimentation fine dominante est l'autre trait caractéristique de l'évolution géomorphologique charentaise. Pratiquement pendant tout le Tertiaire, les sédiments continentaux ayant intéressé la région sont des argiles ou des sables dont la médiane atteint rarement 300 micromètres. Il n'est donc pas singulier de trouver, colmatant les dépressions plio-quaternaires, les dépôts fins que la transgression flandrienne a rencontrés sur la plateforme continentale et rassemblés dans les anfractuosités à la fois tectoniques et fluviales du littoral.

2. Le prisme littoral

Le cadre structural ne saurait définir à lui seul l'environnement des Marais Charentais. A une échelle plus grande, c'est en effet la mer qui intervient et tout particulièrement cette Mer des Pertuis qui constitue le milieu original dont la thèse de C. HILY (1976) a mis en lumière les traits hydrologiques, sédimentaires et biologiques essentiels. Cette partie marine du prisme littoral, zone d'affrontement des énergies issues de l'atmosphère, de l'océan et du continent se caractérise par des mouvements sédimentaires très importants que les travaux de l'Institut de Géologie du Bassin d'Aquitaine permettent de connaître alors que les images de satellite en donnent d'étonnantes représentations spatiales.

La ligne de rivage représente à une époque donnée l'image spatiale de l'équilibre dynamique entre les agents «marins» et la résistance continentale. De La Rochelle à la Pointe des Saumonards, il faudra en inventorier les vicissitudes pour répondre à la question de la mobilité contemporaine de cette ligne de rivage : s'agit-il d'une queue de phénomène comme le suggérait naguère H. ENJALBERT (1960), d'un phénomène préoccupant (LECLER) ou une sorte d'équilibre est-il atteint de nos jours ? On devine que selon les documents utilisés, la période considérée, les réponses puissent être différentes. Les travaux menés dans le «Bassin de Marennes-Oléron» fournissent d'ailleurs un système de référence commode pour traiter ce problème.

Enfin, après avoir essayé de cartographier cette cinématique littorale, nous présenterons les principaux aspects physionomiques des marais, tels que les méthodes classiques d'études, seules envisagées dans cette partie, permettent de les appréhender.

I - LE PRISME LITTORAL, DÉFINITION

Le littoral est certes la bande de terrain où le continent entre en contact avec l'océan des ouvrages classiques, mais il est plus encore le domaine qu'y voyait E. de MARTONNE (1958, p. 971), comprenant «tout ce qui, soit au-dessous, soit au-dessus du niveau moyen des eaux est soumis à l'action de forces responsables du tracé de la côte et de ses changements». Replacé dans son contexte dynamique, le littoral se définit avec J.P. PINOT (1969, p. 22) comme le contact entre les masses solide, liquide et gazeuse du globe terrestre : l'atmosphère «y joue un rôle fondamental parce que l'énergie de la mer est, pour l'essentiel, le fait de mouvements oscillatoires qui se produisent le long de l'interface eau-air». Dans un essai préliminaire, et sous l'influence de l'étude stéréoscopique des clichés aériens d'une part, des tentatives de géographie intégrée menées par G. BERTRAND (1972) O. DOLLFUS (1972), J. TRICART (1972) d'autre part, la notion de prisme littoral avait été proposée (R. REGRAIN, 1973 a).

Le prisme littoral est **le lieu où s'effectue la convergence des énergies issues des trois milieux en contact.** Il renferme le pré-littoral ou avant-côte, submergé et soumis aux mouvements oscillatoires nés sur l'interface air-mer ; le littoral stricto sensu, défini comme la zone de balancement des marées (estran) et le «supra littoral» des écologistes ou arrière-côte où les processus aériens sont modifiés de façon appréciable par la proximité de la mer. Vers le haut, le prisme littoral se limite au «système littoral» des écologistes marins, zone où se développent les halophytes susceptibles de supporter une humectation par les embruns.

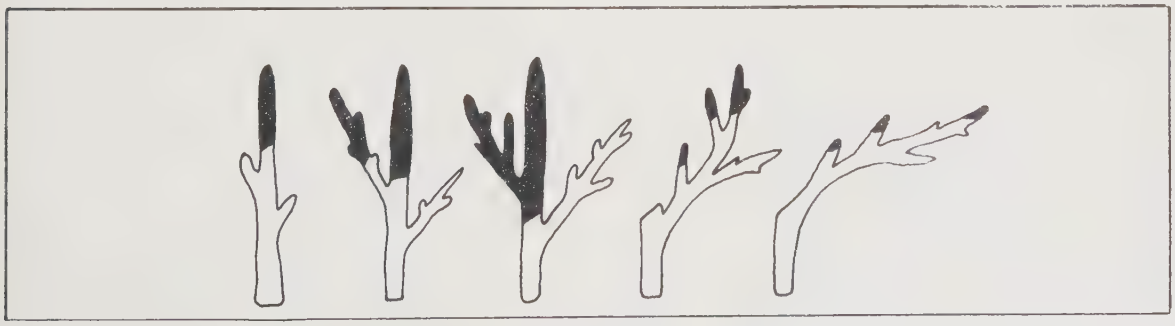


Figure 20 :

Mode de formation des tiges ligneuses penchées dans les sites maritimes

En noir, parties jeunes tuées par l'action des embruns (d'après BOYCE, 1954, in VANDEN BERGHEN, 1964)

La détermination du prisme littoral, dont les caractéristiques essentielles sont l'allongement et le tracé souvent contourné, se heurte à de nombreuses difficultés. La **limite continentale** est une des plus immédiates et se lit fréquemment dans le paysage.

On peut en avoir une représentation commode dans la limite d'action du vent sur la végétation *(figure 20)*, dans la mesure où le vent est plus fréquent, plus rapide et donc plus efficace sur le littoral (A. CAILLEUX, 1947 ; F. VERGER, E. AUPHAN, C. MONIOT, 1972).

Les végétaux et particulièrement les arbres sont très sensibles aux vents forts qui entraînent une dissymétrie de leur houppier, pouvant aller jusqu'au port en drapeau (cette dissymétrie est d'ailleurs une conséquence

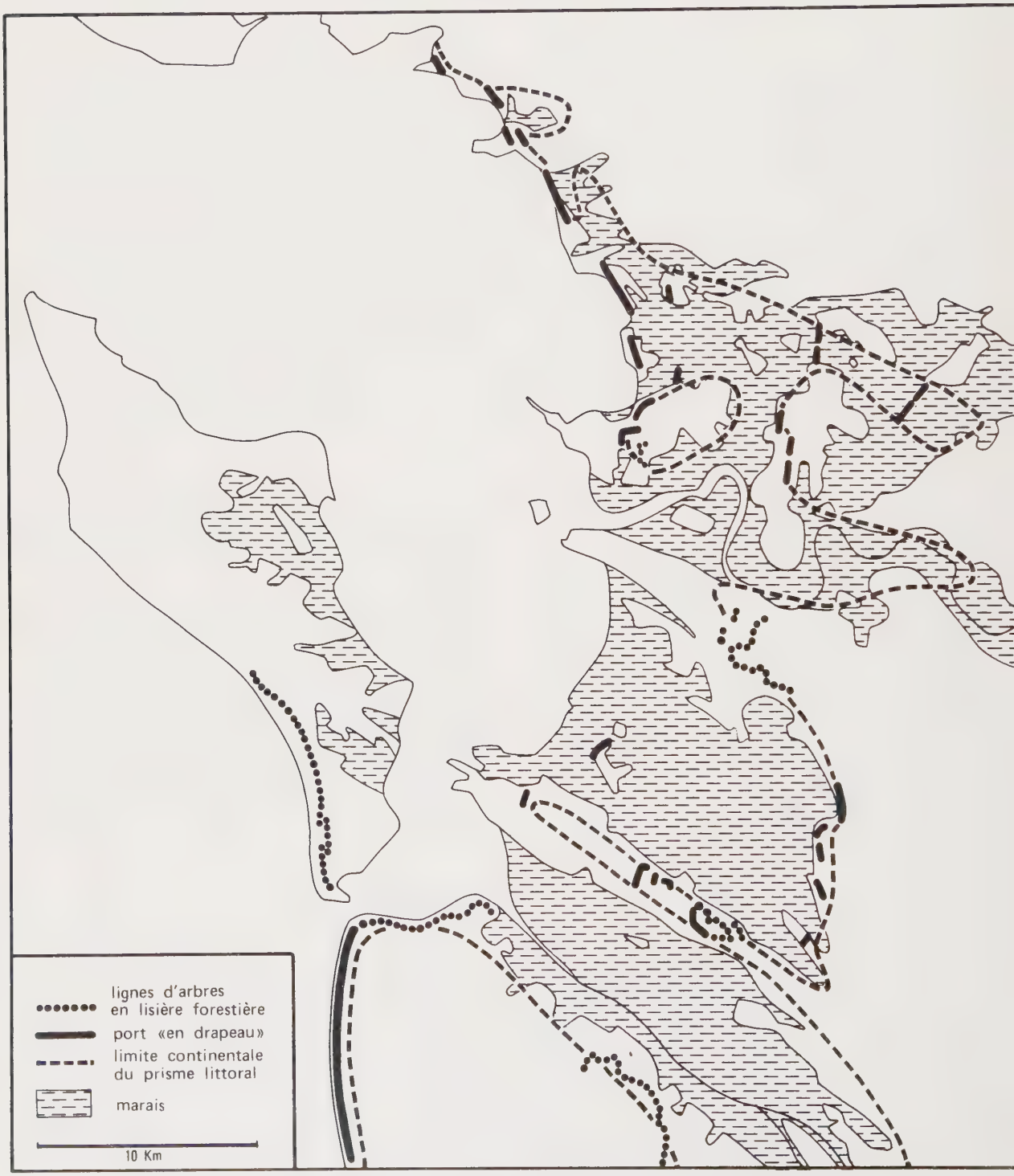


Figure 21 :
Le prisme littoral charentais

indirecte du vent, puisque le froid qu'il crée inhibe la croissance des bourgeons ; l'apport d'embruns intervient aussi (S. BOYCE, 1954 in C. VAN DEN BERGEN, 1964, p. 73).

La *figure 21* montre l'extension des arbres à houppier dissymétrique sur le littoral étudié ainsi que la position de la ligne d'arbres la plus occidentale. C'est en effet cette dernière qui constitue le premier obstacle rencontré par le vent sur les côtes basses ; les plantations de tamaris ou la végétation psammophile des cordons littoraux freinent sensiblement le vent : en arrière, les arbres ne sont guère affectés. On obtient ainsi une image approximative de la position de l'arête continentale du prisme littoral. Cette image dépend autant de facteurs naturels (le vent dont la force et la direction sont en partie fonction du relief) que de facteurs humains (plantations de tamaris, pinèdes littorales, etc...).

On a pu toutefois prouver que la végétation freinait le vent de façon efficace. Y.F. THOMAS (1975) note que la rugosité est fonction de la hauteur, mais surtout du taux de recouvrement du tapis végétal ainsi que de la vitesse du vent.

L'**arête atmosphérique** du prisme littoral est difficile à saisir. En écologie, elle correspond à la limite d'extension des halophytes ou des plantes supportant les embruns. En Charente Maritime, les halophytes sont très développées sur les schorres ; on en retrouve ça et là dans les marais, près du Havre de Brouage comme sur le bord des chenaux de marée en Seudre, près de la ferme du Dauphin, à Yves où *Limonium vulgare* croît à 300 m du littoral : ici des percolations d'eau salée à travers le cordon littoral pourraient en être responsables. D'une façon générale, on peut fixer cette arête à la «couche limite» atmosphérique, où les filets d'air du vent sont perturbés par les obstacles littoraux : falaises, dunes, forêts, lignes d'arbres. Ces obstacles atteignent 12 à 20 m à Oléron, 16 m à Yves, 60 m dans les dunes du Gardour ; les halophytes, en raison de la dynamique des falaises semblent rares, mais il faudrait des relevés précis comme ceux de C. VAN DEN BERGHEN (1964) pour en connaître l'extension.

La «couche-limite» atmosphérique pourrait avoir une épaisseur de l'ordre de la dizaine ou la quinzaine de mètres, bien que des opinions divergentes aient pu être soutenues : HALTINGER et MARTIN (in D.L. INMAN & *alii*, 1966) la fixent entre 20 et 100 mètres, alors que R. EMSALEM (1970) lui attribue 10 à 20 mètres au maximum.

La notion de couche-limite peut être utilisée pour définir l'**arête «océanique»** du prisme littoral. Le mouvement des vagues et de la houle crée en effet une couche d'eau océanique perturbée au voisinage de la côte. Les opinions sont partagées sur son extension verticale, estimée généralement à quelques dizaines de mètres. J.R. VANNEY (1969, p. 233) estime que la «wave-base de remaniement» au-dessus de laquelle les sédiments peuvent être remaniés, a une profondeur de 60 à 70 m ; pour J.P. PINOT (1974, p. 100) le niveau de base des houles, «la profondeur à partir de laquelle des masses appréciables ou importantes de sables de la taille des sables de plage (0,3 à 1,5 mm en général) peuvent être balayées vers la côte par des houles courantes, telles que celles que l'on a de fortes probabilités d'observer six à dix jours par an» pourrait être de l'ordre de 17 à 20 m, mais des mouvements sont possibles jusque vers 100 m. Les images de satellite permettent même de montrer des remises en suspension au-dessus de la Grande Vasière, où les fonds dépassent cette profondeur (J.P. PINOT, in F. VERGER & *alii*, 1973).

Dans le cas particulier de la Mer des Pertuis, les observations de satellite et les conclusions de J.P. PINOT (1974) rejoignent les idées échangées lors d'un symposium américain (J.P. SWIFT, D.B. DUANE, D.H. PILKEY, éd., 1972) : WEDDEL y fournit un abaque permettant de conclure qu'une vague de 3 mètres en eau profonde, ayant une période de 10 secondes est susceptible de remanier des particules de 3 mm à une profondeur de 36 m. L'évolution récente des idées sur la profondeur de la «salupause» ou «wave-base de remaniement» semble donc situer cette dernière bien au-delà de ce qui était admis au début des années 1970 (A. GUILCHER,1974 a, p. 629). Après les synthèses de R.S. DIETZ (1967), R.W. FAIRBRIDGE (1964), V.P. ZENKOVITCH (1971),J.P. BARUSSEAU (1973, p. 340) avait observé dans la Mer des Pertuis des déplacements sédimentaires qui «ont lieu jusqu'à une cinquantaine de mètres au moins, et revêtent une indiscutable ampleur jusqu'à une profondeur minimale de 30 mètres environ». Aujourd'hui, c'est au-delà de cinquante à soixante mètres qu'il convient sans doute de situer la profondeur à partir de laquelle les sédiments peuvent être notablement remaniés : la Mer des Pertuis est donc entièrement incluse dans le prisme littoral tel qu'il est défini ci-dessus.

Le prisme littoral charentais comporte donc la Mer des Pertuis, dont la profondeur est pratiquement toujours inférieure à 30 mètres, les estrans et une bande continentale directement influencée par la mer qui peut atteindre 5 à 15 km en Aunis et plus de 20 km dans les marais.

La *figure 21* montre son grand développement continental, dans les régions de marais en particulier ; ceci nous semble être un trait distinctif, dû justement au faible développement vertical des obstacles géomorphologiques.

II - LA MER DES PERTUIS.

1. Limites et bathymétrie

La Mer des Pertuis correspond aux eaux littorales comprises entre la côte vendéenne et le Pertuis de Maumusson : les pointes du Payré, des Baleines et de Chassiron la limitent vers l'ouest. On y distingue trois ensembles principaux : Pertuis Breton au nord de l'île de Ré, Pertuis d'Antioche entre les îles de Ré et d'Oléron, Bassin de Marennes-Oléron entre cette île et le continent. Le Pertuis Breton au nord de l'île de Ré, communique avec le Pertuis d'Antioche par le Coureau de La Pallice ; le bassin de Marennes-Oléron, au sud d'une ligne Pointe des Saumonards, Fort Boyard, Ile d'Aix, Pointe de la Fumée, communique avec le Pertuis d'Antioche par les passages dits de l'Ouest, de l'Est et du Nord ; le bassin de Marennes-Oléron, au nord du détroit de Chapus, se caractérise par le très grand développement des wadden (F. VERGER, 1968, p. 101) ; on appellera Rade de l'Ile d'Aix la partie située au nord de l'Ile Madame, et Baie de Brouage la partie située entre le marais de Brouage et Oléron. La partie méridionale du bassin Marennes-Oléron, entre le détroit du Chapus et le Pertuis de Maumusson, où débouche la Seudre est appelée Baie de Ronce par F. VERGER (1968, p. 100) que nous suivrons et Baie de Marennes par J. CHARDONNET (1972, p. 10).

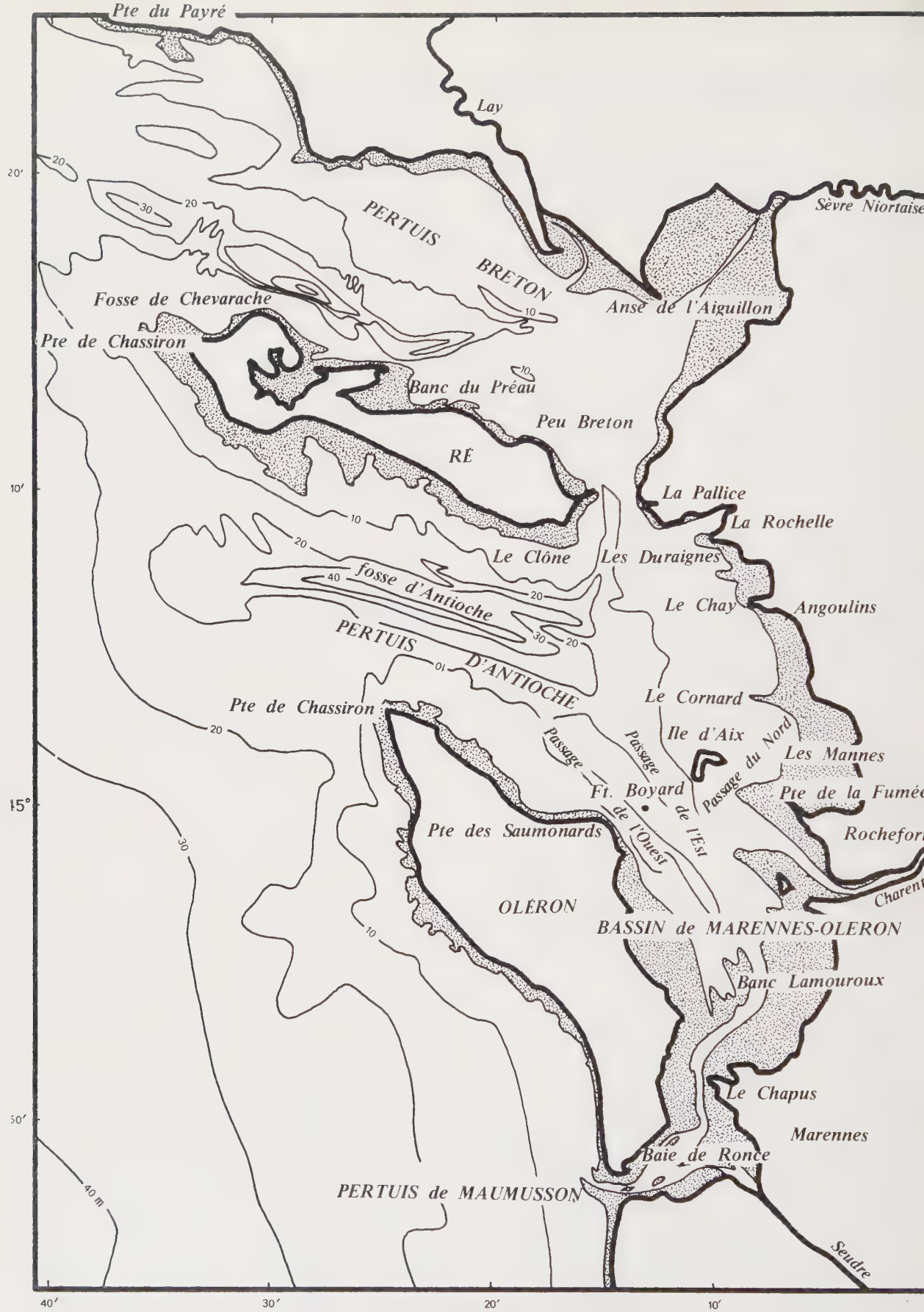


Figure 22 :
Croquis bathymétrique de la Mer des Pertuis

Le développement récent des études sur la partie charentaise de la plate-forme continentale a consisté en travaux surtout sédimentologiques (J. LORIN, 1968, F. LAPIERRE, 1970 et J.P. BARUSSEAU, 1967 à 1973) concernant la Mer des Pertuis ; les phénomènes hydrodynamiques n'ont pas fait l'objet de synthèse récente. Les problèmes ostréicoles du bassin de Marennes-Oléron et les travaux portuaires dans le coureau de La Pallice ont justifié des études plus précises du L.C.H.F. sur ces deux sites que sur le reste de la Mer des Pertuis.

J.R. VANNEY (1969) a défini «la dépression sublittorale» comme un «golfe qui recueille et pacifie les violences et les troubles qui viennent du large» (p. 35) ; son origine est pour l'essentiel tectonique. J.P. BARUSSEAU (1973, p. 33) préfère l'expression de «zone interne» pour cette Mer des Pertuis, car les îles de Ré et d'Oléron «occupent les interfluves entre deux profondes vallées fortement surcreusées». Nous suivrons cette opinion, bien qu'on ne puisse exclure que la tectonique joue un rôle important dans la mise en place des îles de Ré et d'Oléron comme nous croyons l'avoir montré pour les régions continentales voisines.

La *figure 22* montre la bathymétrie de la Mer des Pertuis, d'après les cartes du Service Hydrographique de la Marine. Le Pertuis Breton comporte dans sa partie centrale la Fosse de Chevarache, qui atteint - 62 m et présente une pente très raide vers l'île de Ré ; à l'est, le Banc du Préau (- 2 m) et le Peu Breton (- 3 m) émergent à peine d'une vaste plaine vaseuse qui prolonge les fonds de l'Anse de l'Aiguillon. Vers l'Ouest, les fonds du Pertuis Breton remontent jusqu'à - 9 m à - 10 m bien que l'épaisseur du voile sédimentaire au-dessus des fonds rocheux y semble modeste. On pourrait associer la fosse de Chevarache à un cours du Lay-Sèvre Niortaise : ces accumulations correspondraient à un delta sous-marin en équilibre avec un niveau marin différent de l'actuel. Le Pertuis d'Antioche présente une disposition bathymétrique voisine : fosse d'Antioche au centre atteignant - 45 m, accumulation à l'entrée ouest atteignant - 15 m à - 20 m, mais les hauts fonds présentent une topographie différente, avec le Clône (- 16 m) dans la partie orientale de la fosse d'Antioche, une moindre dissymétrie des versants rhétais et oléronais de la fosse ; des bancs de calcaires, séquanien ou kimméridgien, depuis le Plateau des Duraignes, les rochers du Chay, d'Angoulins, du Cornard, des Mannes, tronçonnent la partie supérieure de la zone infratidale, comme les îles céréalières trouent le marais herbager de Rochefort.

Dans le bassin de Marennes-Oléron, les fonds infratidaux sont réduits à la rade de l'île d'Aix et au chenal du Coureau d'Oléron (F. VERGER, 1968, p. 100) qui présente des fonds à - 6, - 7 m à l'est du banc Lamouroux, accumulation sableuse dont les variations ont été évoquées par H. PINEAU (1968, p. 41). Deux chenaux dont le fond dépasse - 10 m encadrent le Fort Boyard : ces chenaux de l'est et de l'ouest marquent peut-être un ancien cours de la Charente. La Baie de Ronce, au sud du détroit du Chapus se présente comme une marqueterie de chenaux et de bancs de sables, modèle réduit de la Mer des Wadden : ces bancs participent à la fois d'un éventuel delta de la Seudre et du delta interne de marée (F. VERGER, 1962, p. 133) du Pertuis de Maumusson dont l'ombilic atteint - 17 m.

La Mer des Pertuis présente donc un relief très varié, hérité sans doute d'un passé plus ou moins récent ; elle justifierait une étude particulière, comparable à celles de F. HINSCHBERGER (1970), J.P. PINOT (1974) et J.R. VANNEY (1969) entre Ouessant et les Sables d'Olonne. Nous nous bornerons à une synthèse des travaux publiés sur la région, consacrés à la géologie structurale, à la nature des fonds, aux phénomènes hydrodynamiques actuels et à son évolution récente, en essayant de montrer les relations possibles avec les marais qui constituent notre propos essentiel.

2. Le cadre structural

Il a été étudié principalement par J.P. BARUSSEAU (1973) au nord du détroit du Chapus, par M. TESSON (1973) et divers chercheurs de l'I.G.B.A. pour la partie méridionale. Ces auteurs réalisent une synthèse des travaux antérieurs de J.R. VANNEY (1969), MONTADERT et *alii* (1971), etc... Le substratum de la Mer des Pertuis, entre la Pointe du Grouin, la pointe des Baleines, Chassiron, Maumusson et les rivages vendéens et charentais, se présente très évidemment comme le prolongement des affleurements continentaux, *(figure 5, supra)* ; toutefois plusieurs profils géophysiques ont mis en évidence une série d'ondulations tectoniques et de cassures.

a) Caractères du bâti structural de la Mer des Pertuis

Le Pertuis Breton, au nord de l'île de Ré est caractérisé par des affleurements de marnes calloviennes dans sa partie centrale ; on sait que c'est à leurs dépens que s'est en majeure partie développé le Marais Poitevin. L'allure des affleurements suggère l'existence d'ondulations au nord-est de la Fosse de Loix en l'île de Ré. Au nord de Ré, le Callovien disparaît et le Séquanien entre en contact par faille avec l'Oxfordien : J.P. BARUSSEAU (1973, p. 27) parle de «**faliase** tectonique» qui, au nord-est de l'île de Ré, limite la fosse de Chevarache.

Le Pertuis d'Antioche, entre Ré et Oléron est en partie creusé dans les marnes bleues du Rocher d'Yves du Kimméridgien supérieur, comme le bassin de Rochefort. Ces marnes disparaissent au nord-ouest d'Oléron, où une faille met en contact le Portlandien et le Kimméridgien inférieur.

La partie septentrionale du Coureau d'Oléron présente par contre une disposition oblique par rapport aux affleurements des roches tendres du Portlandien dans lesquelles elle s'épanouit au nord du détroit du Chapus. Le substratum au sud du Chapus est constitué de Crétacé supérieur, mais aucune carte géologique précise des fonds de cette région n'a été publiée. Les levés de l'I.G.B.A. (M. TESSON, 1973, pp. 9 à 13) montrent que le substratum est à très faible profondeur dans le coureau d'Oléron, caractère qui, commun avec le marais de Brouage *, n'a rien de surprenant étant donné les faciès assez riches en calcaires du Portlandien.

Au sud du détroit du Chapus, la Baie de Ronce est entaillée dans les sables et calcaires du Crétacé. Seuls affleurent les bancs calcaires et gréseux du Cénomanien, entre Bourcefranc et Ors dans l'île d'Oléron et au rocher d'Ade ; le Sénonien (Santonien) affleure dès le banc de Meule : G. LECOINTRE (1959, p. 2) y a identifié *Rynchonella vespertilla.*

Vers le sud, le substratum doit correspondre au Sénonien *lato sensu* si l'on en croit la synthèse provisoire établie par R. HORN, G. MARTIN, P. MURAOUR (1969, p. 11). Il semble donc, soit que les couches du Turonien qui affleurent largement en Saintonge s'amincissent en direction de l'ouest, soit qu'elles disparaissent à la faveur de failles, comme le Callovien dans le Pertuis

*voir supra, p. 38.

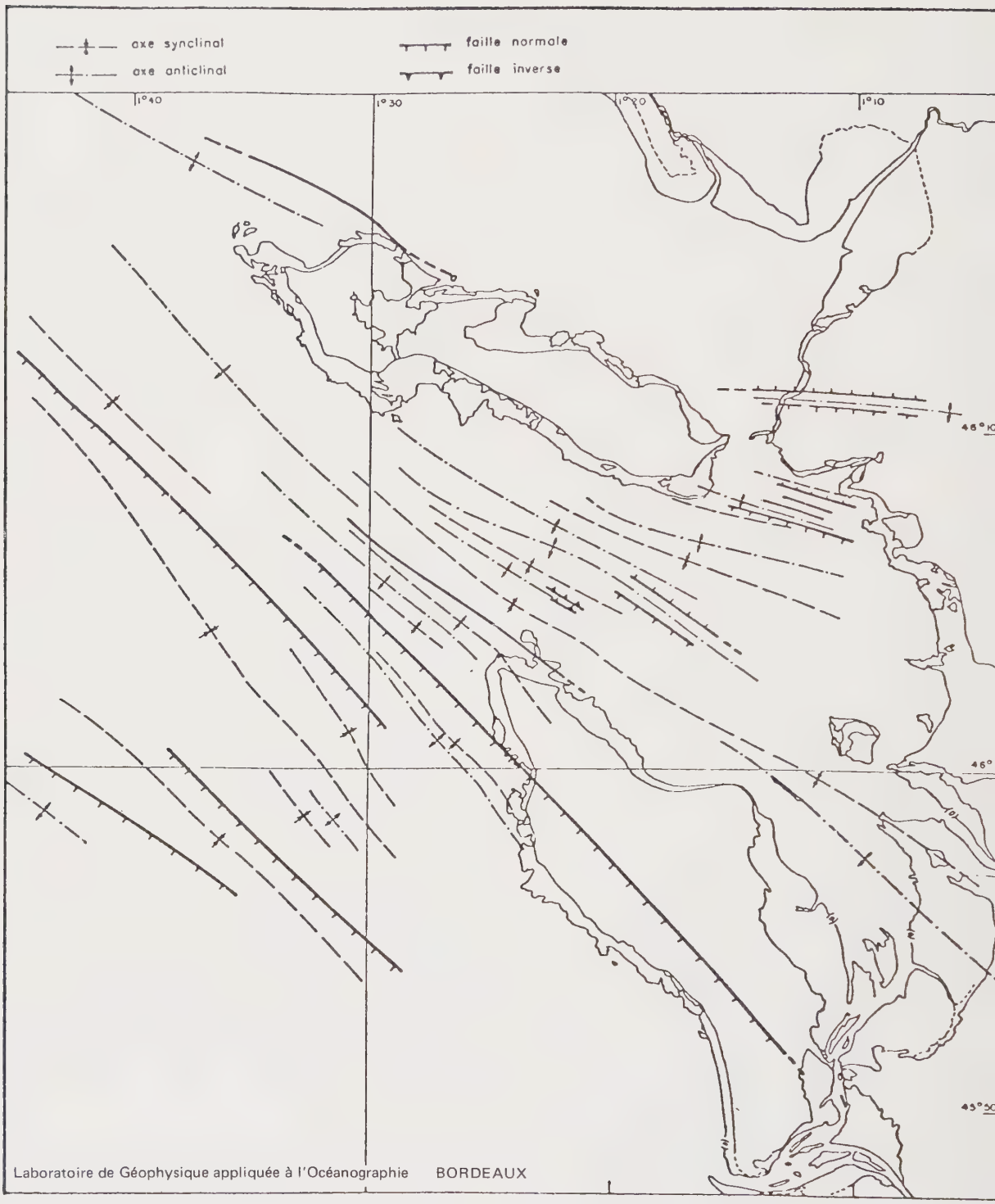


Figure 23 :

Éléments tectoniques de la Mer des Pertuis
Extrait de BARUSSEAU et MARTIN, 1971, p. 408

Breton et le Kimméridgien supérieur dans le Pertuis d'Antioche, ou bien encore que le pendage vers le sud-ouest soit plus important en mer qu'à terre.

b) La tectonique

Si les séries stratigraphiques mésozoïques sont les mêmes sur le fond de la Mer des Pertuis et sur ses rivages, la tectonique, étudiée de façon détaillée en mer par profils géophysiques et près des côtes pour l'établissement des ponts de l'île d'Oléron, de la Seudre (et de l'île de Ré), est connue plus précisément.

Ainsi J.P. BARUSSEAU (1973, p. 37) associe-t-il le contact entre l'île de Ré et la fosse de Chevarache à une faille : la «**falaise**» qui borde l'île de Ré sur sa marge septentrionale détermine un dénivellement d'environ 50 m dans sa partie moyenne ; elle se poursuit à l'est par une série de failles est-ouest responsables d'un découpage du fond en petites fosses et môles étroits au large de la côte de Loix . Cet accident de Chevarache peut peut-être se raccorder à l'anomalie géophysique détectée par R. HORN & *alii* (1969, pl. 6), prolongeant la structure de la Repentie au nord de La Rochelle. Dans le Pertuis d'Antioche, sur le même croquis, une anomalie géophysique correspondant à terre au bombement anticlinal de Brouage (?) se poursuit dans le Pertuis d'Antioche en se dirigeant vers le nord-ouest jusqu'à la Longe de Boyard. J.P. BARUSSEAU et G. MARTIN (1971, p. 408) indiquent dans l'axe de ce pertuis une série d'ondulations anticlinales, de cuvettes synclinales et de failles *(figure 23)* à proximité du Clône, que J.P. BARUSSEAU (1973, pp. 37 et 218) interprète comme un horst.

Vers le sud et en particulier dans le Coureau d'Oléron, les failles jouent un rôle important dans la géomorphologie des formes héritées affleurantes ou immergées (J.R. VANNEY, *in* V. BELOUSSOV et *alii*, 1972). Ainsi sur les rochers des Palles (Mission IGN 1972) peut-on observer la remontée périphérique de la cuvette synclinale de la Charente, affectée de nombreuses cassures méridiennes.

En attendant la publication des travaux en cours, du CNEXO et de l'IGBA dans le Coureau d'Oléron, l'étude des sondages des ponts d'Oléron et de la Seudre permet de se faire une idée de la disposition du substratum dans la partie méridionale du Coureau d'Oléron. Dans le détroit du Chapus, J. CHARDONNET, 1972, p. 6 note : «les 51 sondages effectués par l'entreprise Campenon-Bernard permettent de constater la complication locale, expliquant le Pertuis du Chapus. Les calcaires blancs et jaunâtres du Cénomanien C5c apparaissent à la Pointe d'Ors. Ils s'inclinent vers le sud-est jusqu'à une première faille décelée par les résultats des sondages des piles 38 et 37 ; le Cénomanien moyen C5b constitue le socle sous 1 à 4 mètres de vase et d'eau, et s'incline lui aussi régulièrement vers le centre du pertuis ; le rejet de la première faille est de 10 à 11 mètres. A partir de la pile 30, le socle calcaire s'abaisse brusquement de - 4 mètres à - 20 mètres et un sondage effectué au point kilométrique 1,634 a permis de constater que c'est de nouveau le Cénomanien C5c qui constitue le socle à cet endroit. Mais ensuite, on retrouve le Cénomanien moyen dans toute la dépression centrale. Le rejet de cette deuxième faille atteint 16 mètres. Les deux premières failles au nord-ouest ont donc déterminé un petit horst.

«Dans la dépression centrale, les couches sont déposées en cuvette et se relèvent vers le sud-est. Entre les piles 17 et 16, une autre faille a abaissé le Cénomanien moyen C5b d'une dizaine de mètres encore et une vallée se dessine dans le toit calcaire constitué alors de Cénomanien C5c. Ce fossé est très peu large puisque, entre la pile 16 et la pile 15, une dernière faille d'un rejet de 20 mètres fait remonter le Cénomanien C5b qui forme de nouveau le socle calcaire sous-marin et dont les couches remontent régulièrement vers la pointe de Sinche.

«L'inclinaison des couches vers le centre du Pertuis est le témoignage d'un synclinal transversal, mais l'abaissement du calcaire dû aux failles est plus fort que ne l'eût créé un simple synclinal. Le pertuis du Chapus a donc une origine tectonique : c'est un véritable fossé tectonique.

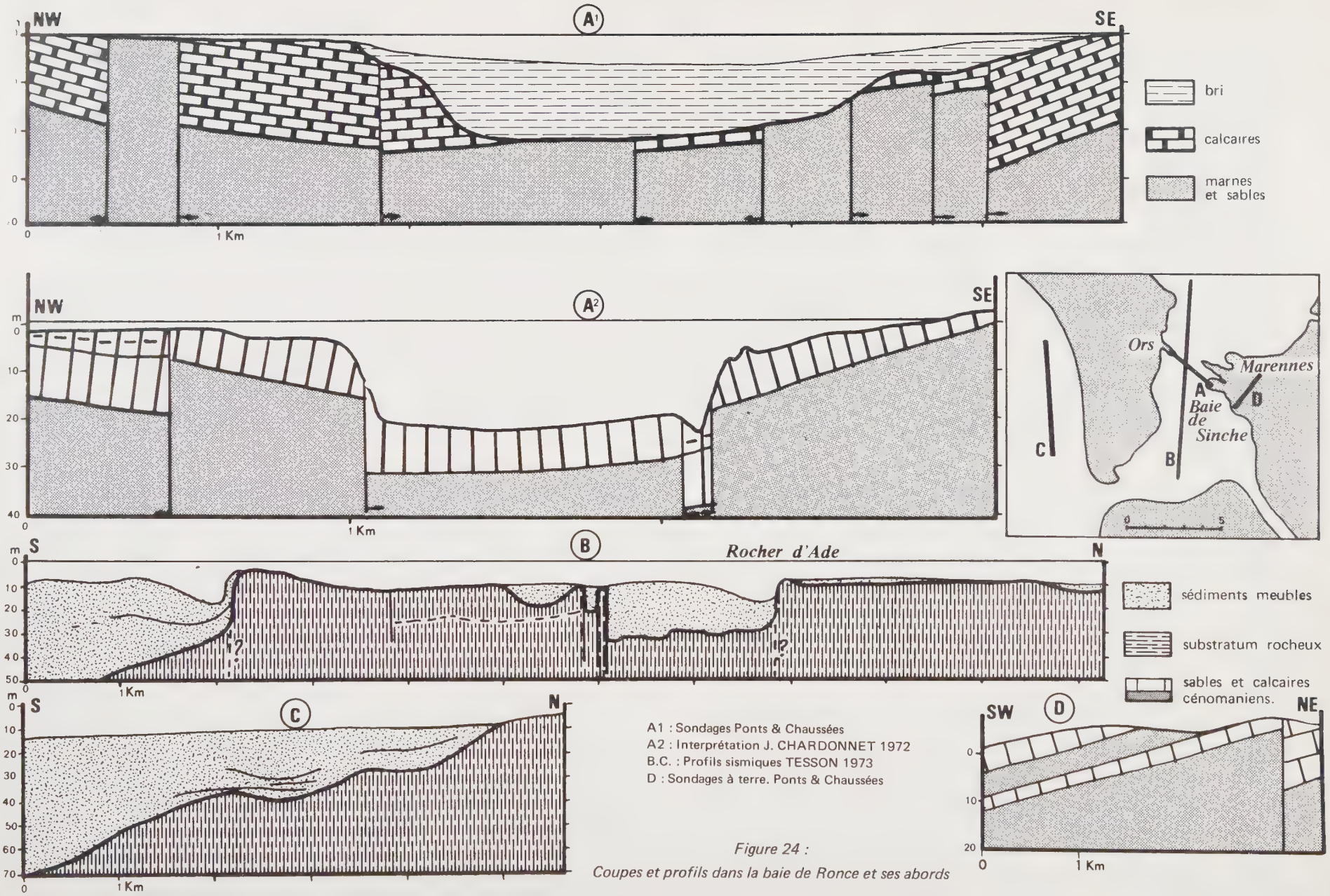
«Au total, la structure concordante et ondulée du bassin de Marennes a créé des conditions favorables pour le remplissage de la cuvette synclinale sud-ouest nord-est par l'eau de mer venue à la fois de l'est (océan) et du nord (par le fossé tectonique du Chapus)» *(figure 24, A2).*

M. TESSON (1973, p. 9 et 13) indique, au nord de la Seudre, une région où le toit du substratum est tourmenté, mollement ondulé, à la limite de l'affleurement et creusé de «sortes de canyons» atteignant 20 m de profondeur, et au sud de «Trompe-Sot» après un tombant de 10 m, une pente régulière surcreusée ça et là. J. CHARDONNET (1972, *figure 5)* situe une flexure dans les calcaires du Coniacien (Sénonien inférieur) sous la ville de Saint Trojan, et montre le graben correspondant au détroit entre la Pointe d'Ors et la Pointe de Sinche. Les minutes des sondages conservées aux Ponts et Chaussées* permettent d'établir le profil reproduit sur la *figure 24 A1.*

La plupart des sondages ayant rencontré un banc de «sable vaseux», la disposition de ce dernier montre bien la situation du détroit du Chapus dans un véritable champ de failles affectant une ondulation synclinale, semble-t-il perpendiculaire au pendage régional vers le sud-ouest. Les bancs de roches dures affleurantes ou enfouies sous le remblaiement quaternaire correspondent à des horsts. Ce caractère est commun au détroit du Chapus et aux terres émergées encadrantes, en particulier la presqu'île de Marennes comme le montre l'interprétation des sondages effectués entre Marennes et Le Chapus *(figure 24 D).* Dans la partie méridionale et particulièrement sous Maumusson, nous n'avons pas eu connaissance d'éventuels sondages.

La Mer des Pertuis présente donc un grand nombre de formes héritées d'origine tectonique : les principaux escarpements et certains affleurements rocheux peuvent être rapportés à la tectonique en dômes et cuvettes faillées, qui caractérise aussi la partie émergée du prisme littoral charentais. La continuité des formes du relief émergé et immergé se trouve ainsi à nouveau soulignée. Mais les escarpements tectoniques et les bancs ne sont pas les seules formes de relief inscrites dans ce vaste bombement mésozoïque qui rejette les affleurements tertiaires au large d'une vaste courbe allant des Sables d'Olonne à Royan. Lors des périodes de bas niveau marin, les rivières continentales, Charente, Havre de Brouage, Seudre, ainsi que les divers émissaires des petits marais de la région rochelaise, de Ré et d'Oléron ont incisé leurs vallées dans ce bâti structural : pour J.P. BARUSSEAU, les îles de Ré et d'Oléron ne sont-elles pas seulement les interfluves entre la Sèvre Niortaise au Nord, la Charente au centre, la Seudre et la Gironde au sud ?

*Communiquées par M. BURAUD, que nous remercions.



A1 : Sondages Ponts & Chaussées
A2 : Interprétation J. CHARDONNET 1972
B.C. : Profils sismiques TESSON 1973
D : Sondages à terre. Ponts & Chaussées

Figure 24 :
Coupes et profils dans la baie de Ronce et ses abords

3 - Les vallées submergées

La *figure 25* montre les tracés probables des vallées submergées de la Sèvre Niortaise-Lay, de la Charente dans la Mer des Pertuis, d'après J.P. BARUSSEAU, 1973, interprété par J.P. PINOT (1973, p. B57) et M. VIGNEAUX et *al* (1975). Elle présente un certain caractère hypothétique car, contrairement aux études de J.R. VANNEY (1969), F. HINSCHBERGER (1970) et J.P. PINOT (1974), géomorphologues, la thèse de J.P. BARUSSEAU n'accorde qu'un intérêt modeste aux vallées autres que celles de la Charente.

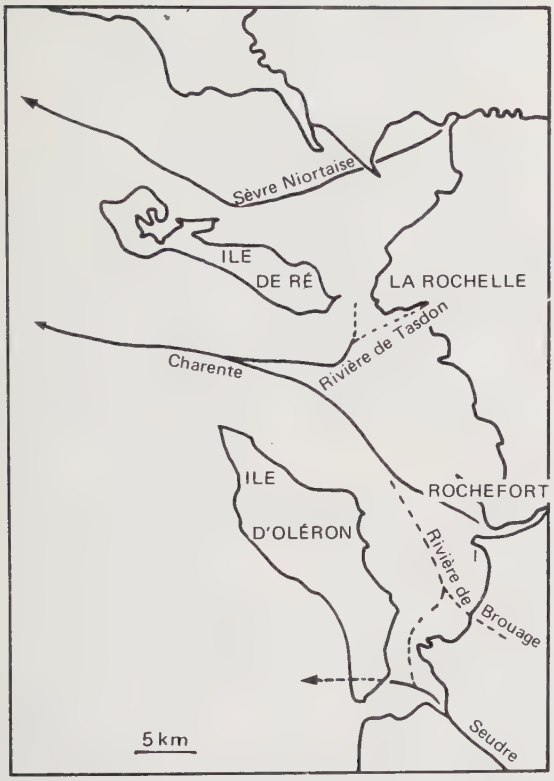


Figure 25 :

Les vallées submergées de la Mer des Pertuis,
(tracés hypothétiques)

La vallée submergée de la Charente présente selon J.P. BARUSSEAU (1973, p. 224) un profil en long où la pente en aval de Rochefort est 5 fois plus forte que la déclivité du lit actuel, le raccordement se fait aux environs de Saint-Savinien. Cette vallée submergée se termine entre Ré et Oléron sur un «réflecteur sismique» formé de sédiments consolidés dont l'écho est différent de celui des sédiments récents ; le cours inférieur de cette vallée est marqué par un delta submergé formé de sables moyens et fins, en pente douce vers le large, ayant le sommet vers - 20 m et la base vers - 45 m ; ce delta est dissymétrique avec une pente forte vers la fosse d'Antioche, où le remblaiement sédimentaire s'amincit. Le tracé de cette vallée est assez simple : elle se dirige pratiquement en droite ligne du sud de l'île d'Aix au «seuil interinsulaire» ; par contre, le tracé de ses affluents est beaucoup moins bien connu, aussi bien au nord qu'au sud.

Au nord, le Coureau de La Pallice présente de fortes profondeurs, entre le plateau de Chauveau à l'Ouest et le plateau du Lavardin à l'Est ; ce fossé orienté nord-sud ne peut guère correspondre à une vallée réunissant les seuls émissaires des marais de La Rochelle et de Lauzières, aussi serait-on tenté d'y voir un ancien cours de la Sèvre Niortaise ; cette «vallée» pourrait correspondre au fossé tectonique orienté nord-sud, identifié sur les profils sismiques réalisés dans le Pertuis d'Antioche (J.P. BARUSSEAU, R. MARTIN, 1971) ; dans le prolongement de ce fossé se disposent le banc du Clône et la limite occidentale des marais d'Oléron. L'absence de profils en mer entre Chatelaillon et Fouras ne permet pas de localiser un ancien cours possible de l'exutoire du bassin occidental de Rochefort.

Au sud, le drainage du Coureau d'Oléron semble se limiter à un axe principal qui serait celui du bassin de Brouage, passant à l'est du banc Lamouroux et rejoignant la Charente soit au sud de l'île d'Aix par le passage de l'est, soit après avoir reçu les émissaires des marais d'Oléron par le passage à l'ouest de la Longe de Boyard, dans l'alignement du fossé probable nord-sud limitant à l'est le Pertuis d'Antioche dans la roche en place.

Le problème du cours aval de la Seudre est plus controversé. L'opinion prévaut (M. TESSON, 1973, p. 11) que son cours se prolongeait vers l'ouest, sous l'emplacement actuel de la forêt de Saint Trojan. Le profil sismique *(figure 24)* indique d'ailleurs une chute brutale vers le sud du substrat rocheux à l'ouest de Saint Trojan , jusqu'à atteindre 70 m CM à la latitude de l'embouchure actuelle de la Seudre. Il paraît par contre assez difficile de suivre l'opinion de M. TESSON selon laquelle le détroit du Chapus n'aurait été franchi que très récemment. L'examen du profil transversal du pont de la Seudre montre une entaille du lit rocheux, située à - 18 m au nord du cours actuel, lequel n'atteint guère que 14 m sous le Zéro du NGF. Or dans le détroit de Chapus, on atteint le rocher à - 19,75 m sous le Zéro marin : un ancien passage d'une Seudre située au nord de sa position actuelle par le détroit du Chapus vers la Charente, ou des chenaux de Mérignac et de Brouage vers la Seudre ne peut donc être exclu. Le profil nord-sud *(figure 24 B)* montre d'ailleurs entre Sinche et le Rocher d'Ade une dépression dans le substratum qui pourrait être la trace de cet ancien cours ; par le «Chenal de l'Est», à l'est du banc Lamouroux, cette rivière grossie des rivières oléronaises, des chenaux de Mérignac, de Brouage et de Moeze, aurait pu ensuite rejoindre la Charente dans les parages de l'île d'Aix.

Malgré les recherches poursuivies ces dernières années, la reconstitution du réseau des vallées submergées dans les Pertuis Charentais reste donc en grande partie conjecturale et, on ne peut réitérer l'élégante démonstration de F. HINSCHBERGER en mer d'Iroise (F. HINSCHBERGER & R.B. PAUVRET, 1968, pp. 213 235) en particulier du fait de l'abondance du prisme sédimentaire qui masque à peu près partout les traits principaux de la géomorphologie. Les travaux de prospection entrepris par l'Institut de Géologie du Bassin d'Aquitaine devraient permettre de compléter ce tableau.

4. Le recouvrement sédimentaire, («prisme sédimentaire») de la Mer des Pertuis présente une dissymétrie fondamentale entre une partie orientale, littorale appelée «vasière littorale» et une partie occidentale où les fonds sont davantage sableux *(figure 26)*.

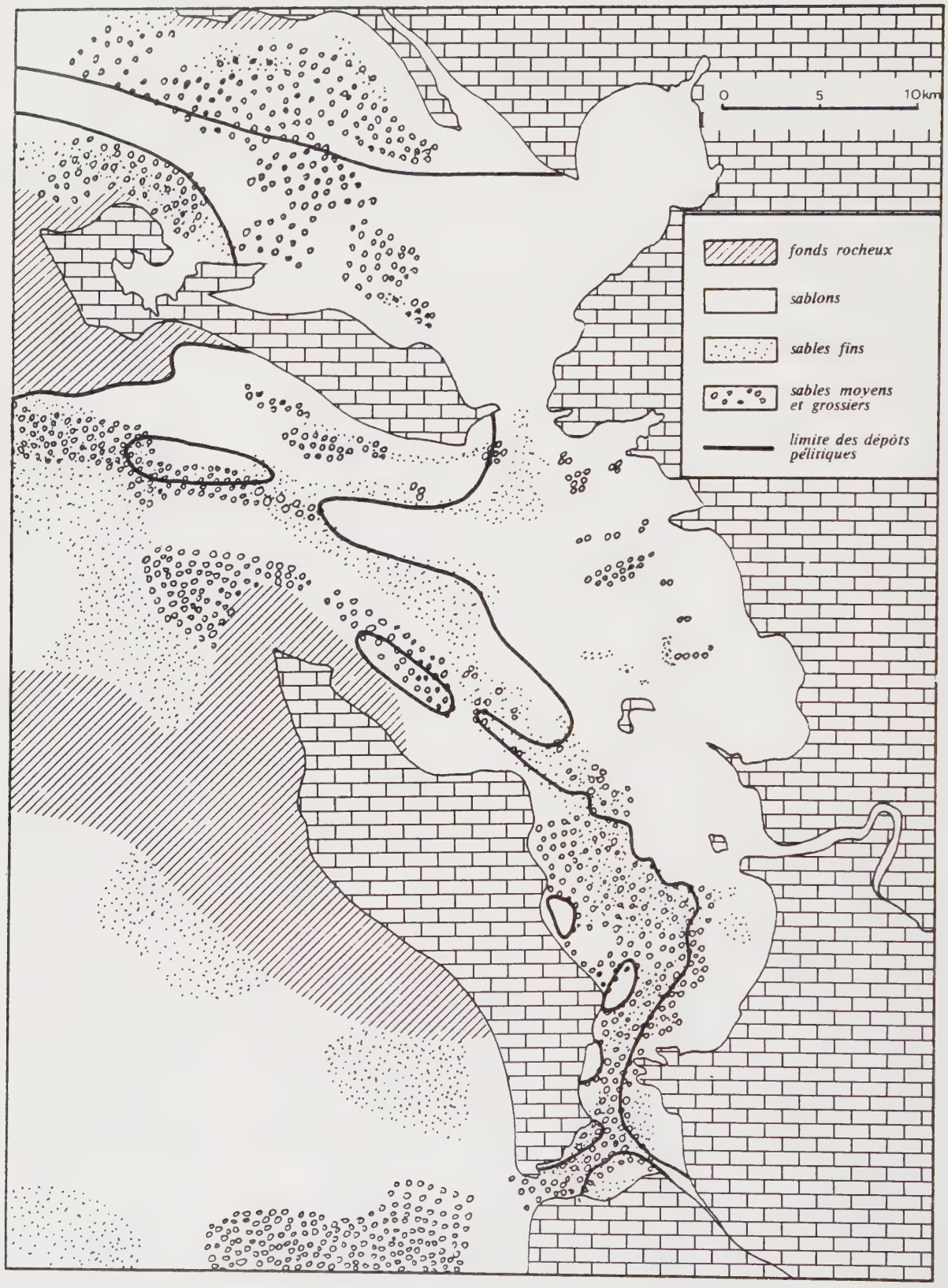


Figure 26 :

Croquis des principales unités sédimentologiques de la Mer des Pertuis
d'après BARUSSEAU, 1973 ; TESSON, 1973

a) La vasière littorale.

J. LORIN (1968), F. VERGER (1968), J.P. BARUSSEAU (1973), M. TESSON (1973) et le LCHF (1972, 1973) l'ont principalement étudiée ; ces travaux permettent d'en dresser le tableau suivant. Cette «vasière de refoulement» (J.R. VANNEY, 1969, p. 247) représente la continuation sous-marine des wadden littoraux où F. VERGER (1968, pp. 104-105) a reconnu les formes de relief classiques : réseaux de chenaux de marée, encoches de jusants, mégarides, etc... Dans le bassin de Marennes - Oléron. M. TESSON (1973, pl. 14 à 17) décrit une partie orientale couverte de vases pour lesquelles l'indice de HISSINK et ZUUR (in F. VERGER, 1968, p. 231) est supérieur à 60 ; ces vases riches en Carbone 13 et surtout en Caesium 137 (R. MARTIN, in LCHF 1973) sont mises en relation avec des eaux d'origine continentale (M. TESSON, 1973, p. 28-30).

Le chenal du Coureau d'Oléron est recouvert de sables «purs» au sud du banc Lamouroux et de sables vaseux au nord ; la richesse de leurs éléments calcaires en Strontium, issue des coquillages actuels est un indice de l'évolution rapide de ces fonds alimentés en carbonates par la mer (M. TESSON, p. 28), alors que J.P. BARUSSEAU (figure 73) y note de fortes valeurs de son «indice d'intensité dynamique». A l'ouest, les slikkes oléronaises et les fonds proches présentent des granulométries plus grossières avec, ça et là dans les anfractuosités du littoral et entre les bancs calcaires, des nappes pélitiques importantes, de la pointe de Bellevue à la pointe de Manson en particulier.

La présence de ces dépôts fins surtout dans la partie continentale est «un exemple typique de l'effet du **délai de sédimentation** (settling lag effect) dont le concept a été élaboré par VAN STRAATEN et KUENEN et le mécanisme étudié en détail par POSTMA (1967)» (J.P. BARUSSEAU, 1973, p. 194). Ce principe qui veut que les wadden aient tendance à s'engraisser par leur zone amont est respecté sur tout l'estran de Brouage et entre le Chapus et l'estuaire de la Seudre (accroissement linéaire), alors que les régions proches de l'Estrée et des Palles connaissent un accroissement du type aréal dont la dynamique a été étudiée par D. GOULEAU (1975). Pour R. REINECK (1967), en baie de Jade, cet accroissement est maximal au niveau moyen des basses mers, alors que F. VERGER (1971, p. 165) le situe au niveau des pleines mers modales (cœfficient 72) ; J.P. BARUSSEAU (1973, p. 194) estime que c'est entre 1 et 2 m CM, au niveau des basses mers de cœfficient 83, que réside le maximum de dépôts.

M. TESSON (1973, p. 16 sq) a évalué à 9 millions de mètres cubes le volume net de sédimentation infratidale dans le bassin de Marennes - Oléron pour la période de 1882 à 1946 (érosion de 4 millions de m3 sous l'isobathe 10 m CM, atterrissements de 13 millions de m3 sous le 0 CM), et à 22 250 000 m3 la sédimentation sur les wadden, la ligne de rivage étant associée à l'isobathe – 5 m CM. Pendant cette période, l'accrétion entre 0 et 2 m CM n'a été que de l'ordre de 6 millions de mètres cubes, soit 28,5 % de la sédimentation intertidale *(tableau 16)*.

cote CM	- 15 m	- 10 m	- 5 m	- 3 m	0 m	2 m	5m
1882	0,135	6,72	48,15	43,13	117,17	137,0	361,07
1946-48	1,44	9,41	45,61	39,26	110,65	130,64	345,12
variation	1,305	2,69	2,54	3,87	6,52	6,36	15,95

Tableau 16 :

Volume de remplissage dans le bassin de Marennes-Oléron,
en millions de mètres cubes (extrait de TESSON, 1973, p. 16)
Les nombres soulignés indiquent le remblaiement

Toutefois, l'auteur note que les variations sont toujours inférieures à 10 %, «ce qui peut n'avoir aucune signification étant donné la marge d'erreur des calculs».

Les aspects principaux de cette vasière littorale du bassin Marennes-Oléron se poursuivent sur tout le rivage de la Mer des Pertuis ; en particulier les hauts fonds en roche dure (Plateau d'Angoulins, le Cornard, les Palles, Banc de l'Estrée, etc...) sont fréquemment accompagnés d'une zone où les sables affleurent, comme au nord de l'île d'Aix, près du rocher des Basques, ou encore au sud des Palles où le liseré sableux alimenterait le cordon littoral de Piédemont à Plaisance (J.P. BARUSSEAU, 1973, p. 195).

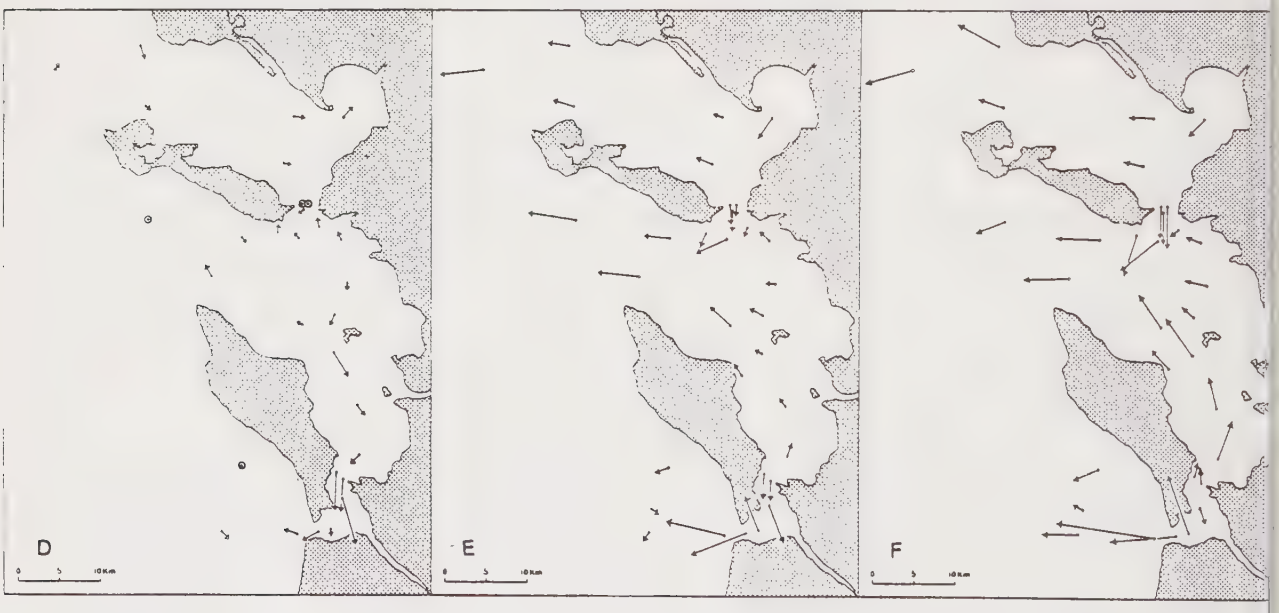
La vasière orientale du Pertuis d'Antioche présente une apophyse dans la fosse d'Antioche, qui est associée à un glissement lent en masse des vases en transit sur les versants de cette fosse. * Des caractères voisins se retrouvent dans le Pertuis Breton où les vasières couvrent les fonds entre Ré, la Pointe d'Arçay et la baie de l'Aiguillon ; une grande partie de cette vase se trouve mélangée aux sédiments très hétérométriques qui tapissent le versant nord de la fosse de Chevarache.

b) Les fonds sableux orientaux.

A l'est d'une ligne joignant la pointe d'Arçay au banc d'Estrée par la fosse d'Antioche, les fonds sont surtout couverts de sables. J.P. BARUSSEAU (1973) y a distingué sur un fond sableux relique, faiblement remanié, un ensemble complexe de nappes sédimentaires. Il considère que les sables moyens et grossiers (mode supérieur à 280 micromètres) sont inactifs, alors que vases, sablons et sables fins seraient mis en mouvement par les agents hydrodynamiques.

* Etant donné le caractère légèrement sismique de la région (J.R. VANNEY, 1969) - que le tremblement de terre de l'île d'Oléron en 1973 vient de rappeler - peut-être certains dépôts de cette vasière profonde peuvent-ils présenter des faciès comparables aux olistolites (P. BROQUET, 1972).

A. 6 heures avant la PM de La Rochelle. B. 4 heures avant la PM de La Rochelle. C. 2 heures avant la PM de La Rochelle



D. A l'heure de la PM de La Rochelle. E. 2 heures après la PM de La Rochelle. F. 4 heures après la PM de La Rochelle

Vitesses et directions correspondent à une marée de vive eau de coefficient 95. Cartes établies d'après les valeurs numériques publiées par le Service hydrographique de la marine (*Service hydrographique de la marine*, 1953, p. 243-257).

Figure 27 :

Directions et vitesses des courants de marée dans la Mer des Pertuis,
extrait de F. VERGER, 1968

Le Pertuis Breton comporte deux versants dissymétriques des points de vue topographiques et sédimentologiques, de part et d'autre de la fosse de Chevarache. Au nord, les sables fins (120 - 200 micromètres), sont réduits à quelques langues allongées vers l'est-sud-est, sur des fonds de - 4 à - 5 m ; les sables grossiers (modes supérieurs à 600 µ m) bien représentés, forment une nappe que n'interrompt que le Banc du Grouin du Cou. Le fond de la fosse de Chevarache comporte des vases, mais aussi des sablons (60 à 120 micromètres) et sables moyens (200 à 500 micromètres). Ces derniers dominent sur l'étroit versant sud qui longe l'île de Ré où B. JEANNEAU, G. SAUZAY, J.P. BARUSSEAU et B. LONG (1973) ont montré qu'ils étaient remis en mouvement par les agents actuels (courants de marée), et identifié ainsi un couloir d'alimentation en sable des cordons littoraux de l'île de Ré.

Le Pertuis d'Antioche présente la même disposition générale des nappes sédimentaires : fosse d'Antioche couverte d'éléments fins, versants occupés par les sables fins moyens et grossiers ; les sables moyens et grossiers couvrent relativement 4 fois moins de surface que dans le Pertuis Breton. Les fonds de sables fins, très répandus, dessinent une fourche se dirigeant vers le Coureau de La Pallice et vers le Coureau d'Oléron, alors qu'un couloir de transit apparaît au sud de l'île de Ré ; la nappe des sables moyens et grossiers subsiste sous forme de lambeaux épars *(figure 26)*.

Le bassin de Marennes-Oléron présente, dans les chenaux et sur les estrans occidentaux de la Baie de Brouage ainsi qu'en baie de Ronce, des fonds de chenaux sableux, les sables ne dominant sur les bancs qu'au sud du Banc Lamouroux. Les différentes nappes sédimentaires y sont très imbriquées, en raison du contrôle tectonique et géomorphologique, de la juxtaposition de bancs de sables, de rochers et de chenaux de marée, de la variabilité des courants de marée aussi. Les sablons, absents des chenaux au voisinage du banc Lamouroux, couvrent la partie nord du bassin ; les sables fins sont interrompus au niveau du banc Lamouroux et du chenal de la Garrigue ; les sables moyens et grossiers couvrent l'essentiel des fonds entre Bellevue, Lamouroux, Le Chapus, Ronce-les-Bains et le Pertuis de Maumusson, malgré de nombreux affleurements plus fins ça et là. J.P. BARUSSEAU (1973, p. 117) voit dans ces sables moyens pauvres en carbonates des sédiments reliques en cours de remaniement ; les sables fins cheminent sur l'estran oléronais pour alimenter - modestement semble-t-il - la sédimentation en Baie de Ronce, alors que les sablons seraient piégés dans les anfractuosités encore nombreuses du littoral oléronais.

Dresser un tableau statique du prisme sédimentaire de la Mer des Pertuis est sans doute une gageure, dans la mesure où il apparaît que la plus grande partie du matériel recueilli est, d'une part mobile ou mobilisable, d'autre part formé de plusieurs «subpopulations» inégalement véloces. Il y a là sans doute un problème d'échelle, et on peut se demander si le bassin de Marennes Oléron, par suite de l'importance des estrans, ne relève pas davantage de la monographie locale que de la synthèse régionale, et si la prise en compte des données géomorphologiques n'est pas absolument indispensable pour comprendre les nappes sédimentaires et les modalités de leurs remaniements.

5 - Les agents dynamiques dans la Mer des Pertuis.

La marée et ses courants ont été étudiés par le Service Hydrographique de la Marine (DELBALAT, MANEN VIDALIN, 1852-1859, A. BOUQUET de LA GRYE, 1877 - 1902) dont les travaux ont été utilisés par L. PAPY (1941), J. PUYCOUYOUL (1962), et F. VERGER (1968), qui a donné des cartes montrant la direction et les vitesses des courants de marée, pour chaque heure suivant la pleine mer à La Rochelle (pp. 30 31), reproduites sur la *figure 27*. Les missions du Laboratoire Central d'Hydraulique de France à propos de l'Anse de l'Aiguillon, des ports de La Pallice et des Minimes, du bassin de Marennes-Oléron et sur divers points (plage et port de Chatelaillon, etc...) ont pu être consultés * . Depuis 1970, M. VIGNEAUX et ses collaborateurs ont d'autre part publié des synthèses partielles dans le Bulletin de l'Institut de Géologie du Bassin d'Aquitaine.

a) Caractères de la marée.

Par suite de l'influence des fonds et de la présence d'îles et de coureaux, les marées de la Mer des Pertuis offrent trois caractéristiques principales, selon M. ROLLET de L'ISLE (1905) : le phénomène de la double pleine mer, l'inflexion de la courbe de marée en fin de perdant ou de montant, la variation des durées en fonction du cœfficient.

Le phénomène de la double pleine mer, classique à Rochefort *(figure 28)* apparaît en morte eau, lorsque dans un cycle de 12 h peuvent se produire 2 pleines mers séparées par quelques heures ; le niveau de l'eau baisse très peu dans le port entre ces deux PM. Cette «tenue du plein» peut durer 4 heures (POLONY, 1885, p. 89 sq).

Lors des périodes de décroissance des cœfficients, ou déchet, le montant est régulier et le perdant (marée

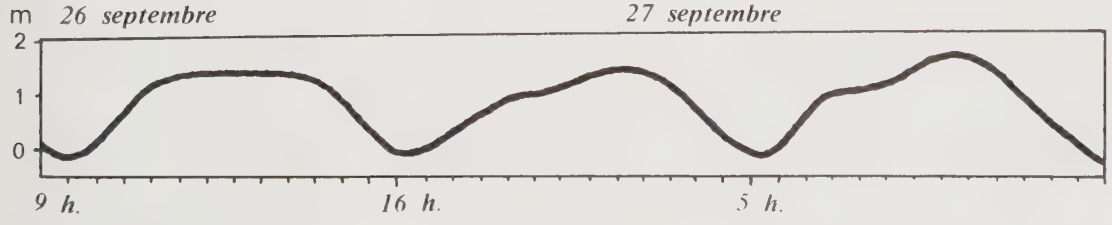


Figure 28 :

Courbes de marée à Rochefort : double pleine mer
(Cœff. 25, 24, 26 les 26 et 27 sept. 1876 d'après «Ports Maritimes de France»)

* grâce à l'obligeance de M. HENRY, Ingénieur d'Arrondissement des Ponts et Chaussées à La Rochelle que nous remercions.

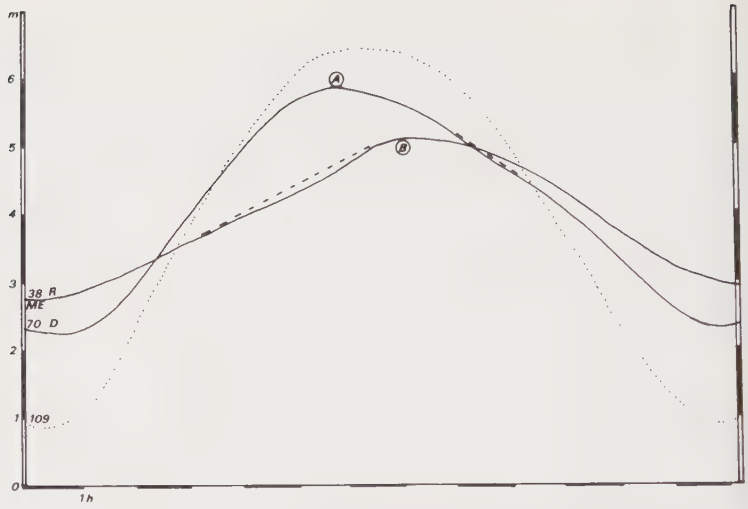


Figure 29 :
Courbes de marée au Chapus

A : 11 octobre 1972 ; déchet ; cœff. 70
inflexion au perdant

B : 17 octobre 1972 ; revif ; cœff. 38
inflexion au montant
longue durée du montant en morte eau

Les périodes d'inflexion de la courbe de marée par rapport à la courbe «normale» (109) sont signalées par des tiretés.

descendante) présente une inflexion caractérisée *(figure 29 A)* ; en revif, l'inflexion se situe en fin de montant *(figure 29 B)*. Les variations de la durée du montant et du perdant avec les cœfficients, ont aussi été observées, la durée maximale du montant caractérisant la morte eau et le minimum suivant les vives-eaux. L'ensemble de ces phénomènes est associé à l'existence d'obstacles sur le parcours de l'onde de marée, engendrant des ondes harmoniques appelées M 4, M 6... dont l'influence croît en direction du littoral ; ces ondes peuvent entraîner une double pleine mer exceptionnelle. J. PUYCOUYOUL (1962, p. 173-174) montre par le calcul que l'onde M 2, passant par le Pertuis de Maumusson, devait subir un retard de l'ordre de 9 heures : ceci entraîne une coïncidence de ses «extremums» avec ceux de l'onde M 4 engendrée par M 2 sur les fonds de la Mer des Pertuis.

Vers le sud, la marée dans le Bassin de Marennes-Oléron est compliquée par le fait que l'onde de marée pénètre à la fois par la rade de l'île d'Aix au nord et par Maumusson au sud. Les missions du LCHF (1972) ont montré que la marée en Baie de Ronce présentait des caractères estuariens et que la marée à la Pointe de Gatseau se rapprochait davantage de la marée à la Pointe de Grave que de la marée à La Pallice.

La marée de La Pallice a été décrite par J. PUYCOUYOUL (1962), d'après A. BOUQUET de LA GRYE (1882) ; on verra que le phénomène en est assez complexe au point de référence pour la Mer des Pertuis : «La courbe de vive eau est symétrique, celle de morte eau l'est aussi à peu près, mais la pleine mer y est étalée et aplatie, la basse mer restant régulière ; enfin les courbes de déchet et de revif offrent des dissymétries très nettes ; en déchet, la courbe de montée est régulière tandis que la courbe de baissée présente une inflexion très caractérisée ; la durée de la baissée est supérieure à celle de la montée ; en revif, au contraire, c'est la courbe de baissée qui est régulière, tandis que la courbe de montée présente une inflexion analogue à la précédente ; la durée de la baissée est inférieure à celle de la montée. Dans certaines conditions exceptionnelles, l'inflexion peut d'ailleurs devenir un maximum et constituer véritablement une pleine mer secondaire.

«Dans d'autres conditions, le phénomène perd sa symétrie par rapport à la morte eau. La morte eau est elle-même dissymétrique et l'égalité de la montée et de la baissée ne se produit pas à la quadrature mais un peu avant ou un peu après. On peut ainsi rencontrer dans certains cas une inflexion sur la courbe de baissée en début de revif ou au contraire, une inflexion sur la courbe de montée en fin de déchet ; mais ce décalage de la symétrie n'excède jamais dans le temps un jour ou deux». (p. 166-167).

Il nous suffira donc d'attirer l'attention sur deux phénomènes qui paraissent utiles pour l'étude géomorphologique des marais, les niveaux atteints par les pleines mers et les courants de marée, responsables de la sédimentation actuelle.

b) Les niveaux de marée.

Le *tableau 7* indique, d'après «Ports Maritimes de France» t 6-1 et t 6-2, les cotes des pleines mers et des basses mers, en vive-eau et en morte-eau. Ces cotes sont exprimées en fonction du Zéro local des cartes marines (à gauche) et du Zéro du Nivellement Général de la France (à droite). On a pris comme correspondance 0 NGF : 3,70 m CM au nord de l'île d'Aix, 3,69 m à La Pallice, et 3,26 m pour les ports situés au sud du parallèle de l'île d'Aix : on observe ainsi que les pleines mers sont moins élevées sur les rivages orientaux de l'île d'Oléron que sur la bordure continentale, effet sans doute de l'intervention des fonds prélittoraux.

Le Laboratoire Central d'Hydraulique de France a procédé à des études détaillées dans le bassin de Marennes-Oléron (1972). On dispose donc d'observations récentes et de grande précision au sud de la Charente.

En ce qui concerne le Coureau d'Oléron, le L.C.H.F. a établi un tableau de concordance entre les marégraphes de La Pallice, Ile d'Aix, Le Chapus, La Cayenne et Gatseau ; l'étude met en évidence la diminution des amplitudes depuis l'île d'Aix jusqu'à La Cayenne, qui atteindrait 0,6 m en grande vive eau (cœff. 115-116) et 0,10 à 0,05 m en morte eau. A la Cayenne, cette réduction atteint 0,8 m en vive eau et 0,25 à 0,20 m en morte eau selon le L.C.H.F., alors que A. BOUQUET de LA GRYE avait noté (1873) que les PM atteignent «à très peu près la même hauteur qu'à l'île d'Aix et, en V.E., elles conservent une surélévation qui va jusqu'à un mètre». Il semblerait donc que le niveau des PMVE ait baissé d'une vingtaine de centimètres en un siècle.

No	Ports	Niveau CM*	Niveau * Bourdaloue	Niveau NGF*
1	Ile de Ré	6,00	2,74	
2	La Perrotine	6,26	3,00	(2,38)
3	Le Chateau	6,26	3,00	(2,38 - 3,00)
4	La Cayenne	6,16	2,90	(2,34)
5	Le Chapus	5,80	2,54	(2,00)
6	Brouage	5,61	2,35	(1,81)
7	Port des Barques	6,46	3,20	(2,62)
8	Rochefort	6,56	3,30	(2,72)
9	Tonnay Charente	6,26	3,00	(2,42)
10	La Rochelle - La Pallice	5,90	2,64	(2,21)

Tableau 7 :

Niveaux (en m.) atteints par les marées de vive eau (moyennes) autour de la Mer des Pertuis ;
d'après «Ports Maritimes de France», t. 6

Zéro CM : 3,26 m Bourdaloue ; le Zéro NGF, situé à 3,63 m par COURTIER (1932) est maintenant à 3,69 m au-dessus du Zéro CM à La Rochelle (Annuaire des Marées)

Le même tableau montre le caractère estuarien de la marée au Chapus, où la courbe de concordance *(figure 30)* a une forme parabolique pour les basses mers et rectiligne pour les pleines mers. La marée à La Cayenne (port de Marennes, en Seudre) est qualifiée de fluviale.

La *figure 31* montre les niveaux atteints par les pleines mers lors des observations des Ponts et Chaussées à l'écluse de Monportail (14 au 21 octobre et 2 au 6 novembre 1971), et les niveaux des pleines mers observées par le L.C.H.F. du 2 au 25 octobre 1972 à La Pallice, à l'Ile d'Aix et au Chapus. Bien que les cœfficients soient les mêmes, les marées de Monportail sont plus élevées de quinze à vingt centimètres que dans les autres ports. Entre les cœfficients 60 et 95, la marée au Chapus se tient une quinzaine de centimètres au-dessus du niveau de l'Ile d'Aix, mais atteint une cote voisine pour les autres cœfficients. Ces données montrent que les hauteurs des marées sont différentes d'un endroit à l'autre ; ce fait est très important pour comprendre la géomorphologie des marais maritimes.

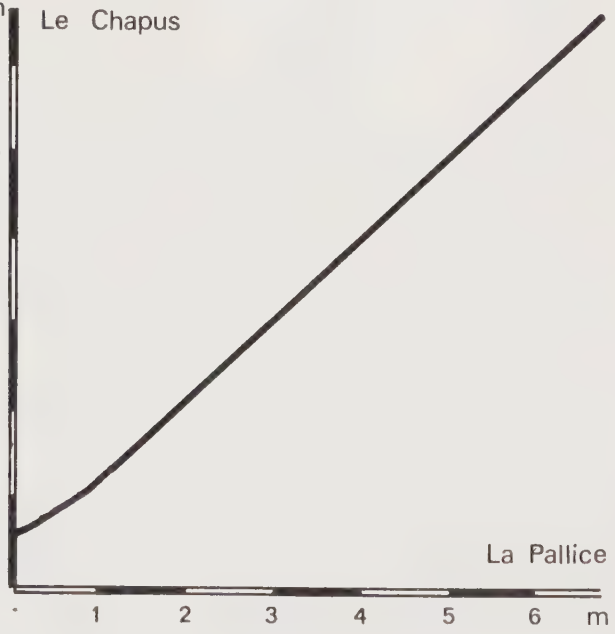


Figure 30 :

Courbe de concordance entre les niveaux des marées à La Rochelle et au Chapus
d'après le L.C.H.F., 1972 p. 5

c) Courants de marée.

Les courants de marée dans la Mer des Pertuis sont assez rapides, la vitesse à Maumusson pouvant même atteindre 4 nœuds (2 m/s). Les études récentes du L.C.H.F. et de l'I.G.B.A. précisent les données anciennes de A. BOUQUET de LA GRYE.

- **Dans le bassin de Marennes-Oléron,** au nord ouest, les courants de flot et de jusant sont orientés sud - sud-est / nord - nord-ouest ; ils atteignent 0,5 m/s en vive eau moyenne. En rade de l'île d'Aix, le courant de flot orienté au sud - sud-est refoule vers l'est de la baie de Brouage une partie des eaux de la Charente arrivées avec le jusant. Le banc Lamouroux semble être le centre d'un mouvement circulaire, le jusant empruntant le chenal ouest et le flot le chenal est : c'est là une des «cellules hydrologiques» identifiées par M. TESSON (A. KLINGEBIEL, A. de RESSEGUIER, M. TESSON 1971).

Au sud, la baie de Ronce occidentale et le détroit du Chapus connaissent des mouvements alternatifs dont la vitesse ne dépasse pas 0,5 m/s ; par contre les courants sont plus importants dans le chenal de la Garrigue et surtout dans le Pertuis de Maumusson, qui fonctionne comme un goulet de marée.

La présence, en arrière de l'île d'Oléron, d'une zone où les courants de flot convergent et où les cou-

* La définition de ces différents Zéros de référence est donnée ci-après p. 236 et dans le lexique annexé.

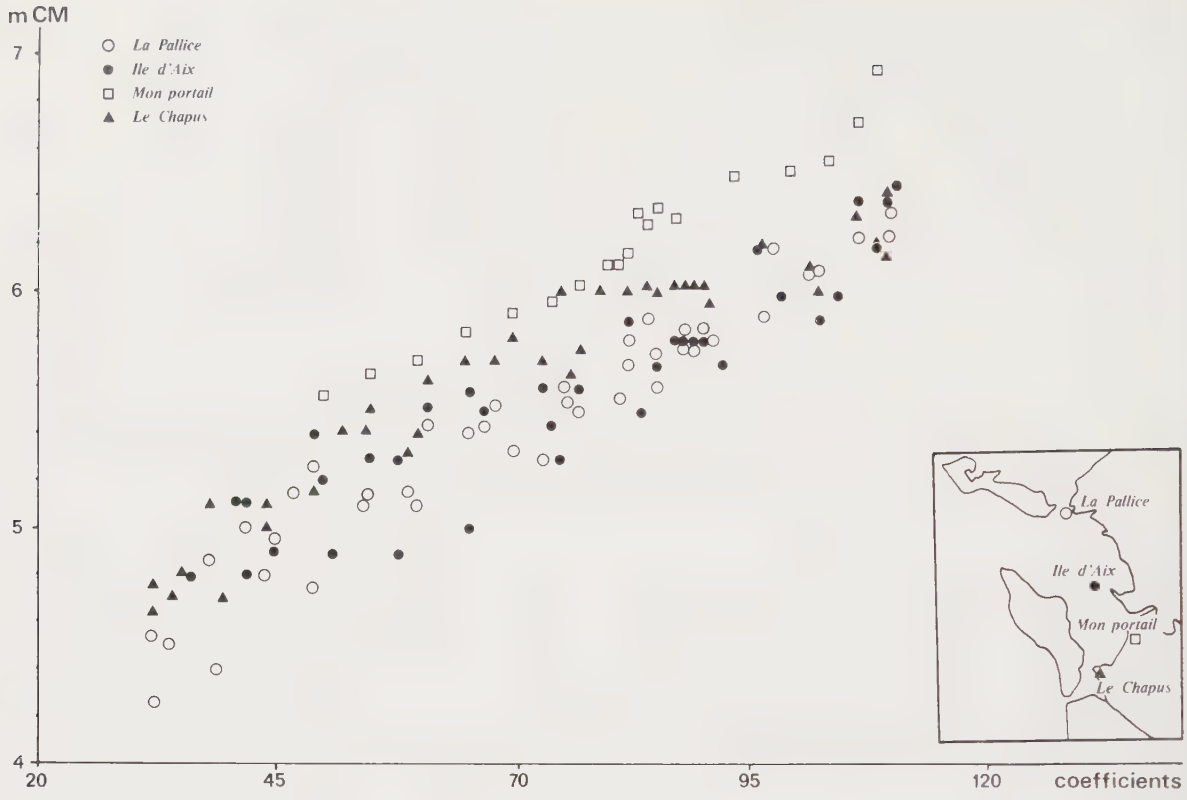


Figure 31 :

Niveaux observés des Pleines Mers en Mer des Pertuis (1972 - 1973)

rants de jusant divergent est typique de cette baie «frisonne». Ce wantij (F. VERGER, 1968, p. 29) occupe les positions portées sur la *figure 32* : il balaie l'ensemble du Bassin de Marennes-Oléron, dont la sédimentation est ainsi favorisée. En 1920, J. WELSCH avait indiqué que le détroit du Chapus devait évoluer comme le Gois de Noirmoutier ; les oscillations du wantij d'Oléron ne semblent pas concourir à une réalisation prochaine de cette prédiction.

Une seconde caractéristique dynamique du bassin de Marennes-Oléron est le refoulement par le flot d'une grande partie des eaux turbides de la Charente vers l'estran de Brouage, suggérant ainsi une origine charentaise des vases du marais de Brouage.

- **Dans le Pertuis d'Antioche et le Pertuis Breton,** les courants de flot sont plus rapides une à deux heures après la basse mer et les courants de jusant atteignent leurs vitesses maximales une ou deux heures avant la basse mer, et non pas à mi-marée.

Dans leurs régions occidentales, à l'ouest des méridiens du Rocha et de Chauveau, les Pertuis connaissent des courants alternatifs de l'ordre de 0,8 à 1 m/s ; les courants de flot semblent plus importants dans le Pertuis Breton, les courants de jusant dans le Pertuis d'Antioche (0,90 m/s contre 0,85 m/s environ en vive eau moyenne, L.C.H.F., 1969).

Dans la partie orientale (baie de l'Aiguillon, anse d'Angoulins à La Rochelle et baie d'Yves) ainsi que dans les coureaux de La Pallice et de l'île d'Aix, les courants subissent davantage l'influence du cadre géomorphologique. A la hauteur du banc du Rocha, le courant de flot se divise en deux parties, l'une portant vers la baie de l'Aiguillon, l'autre vers le sud-est ; ce dernier rencontre le courant ayant franchi le Coureau de La Pallice au large de la Pointe du Plomb 2 heures après la pleine mer. Au jusant, une partie des eaux du Pertuis Breton

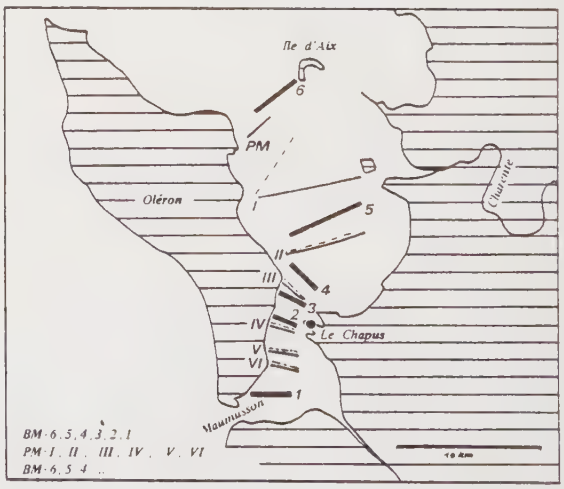


Figure 32 :

Positions successives du wantij au cours d'un cycle de marée dans la baie frisonne du bassin de Marennes-Oléron

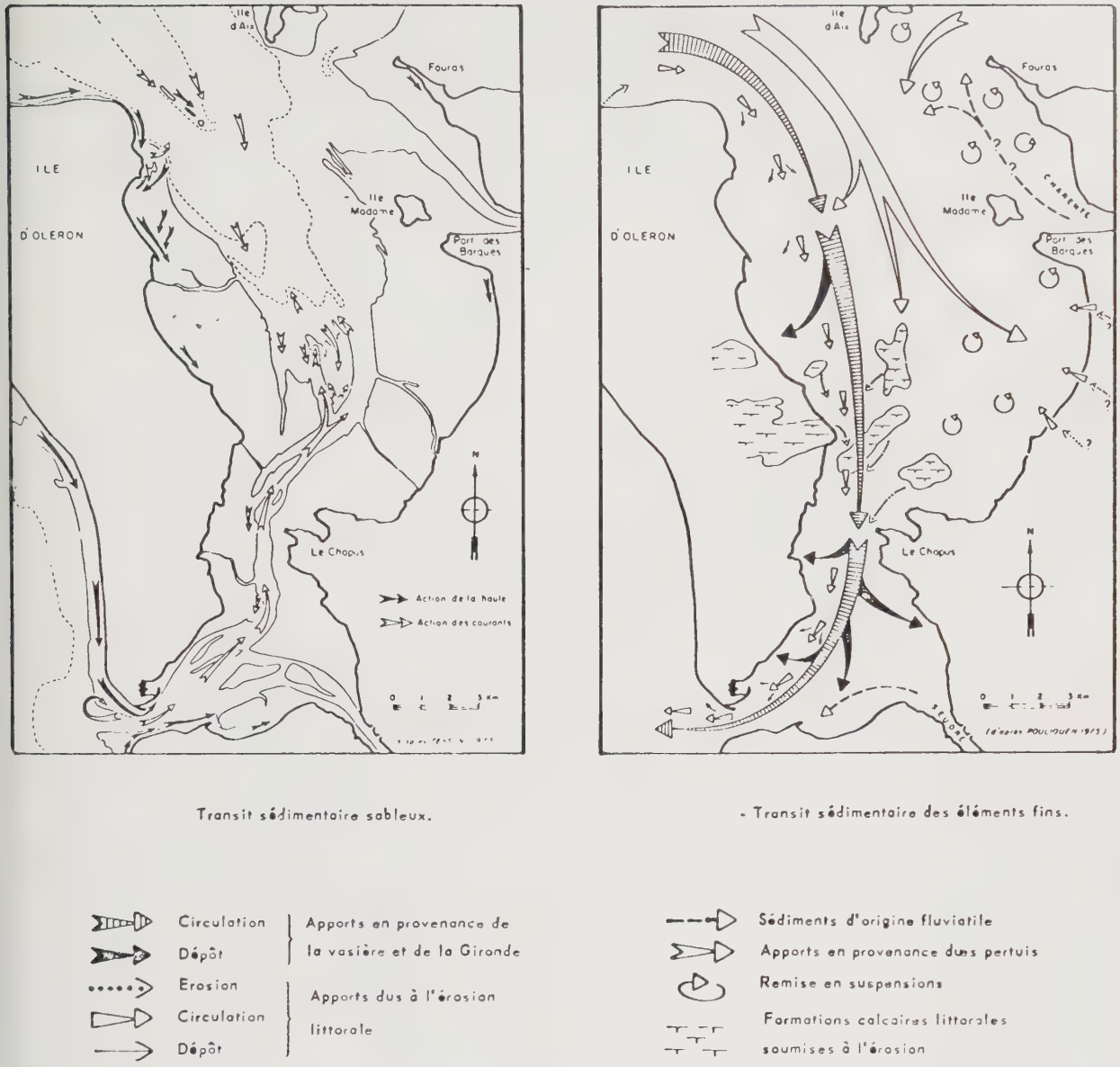


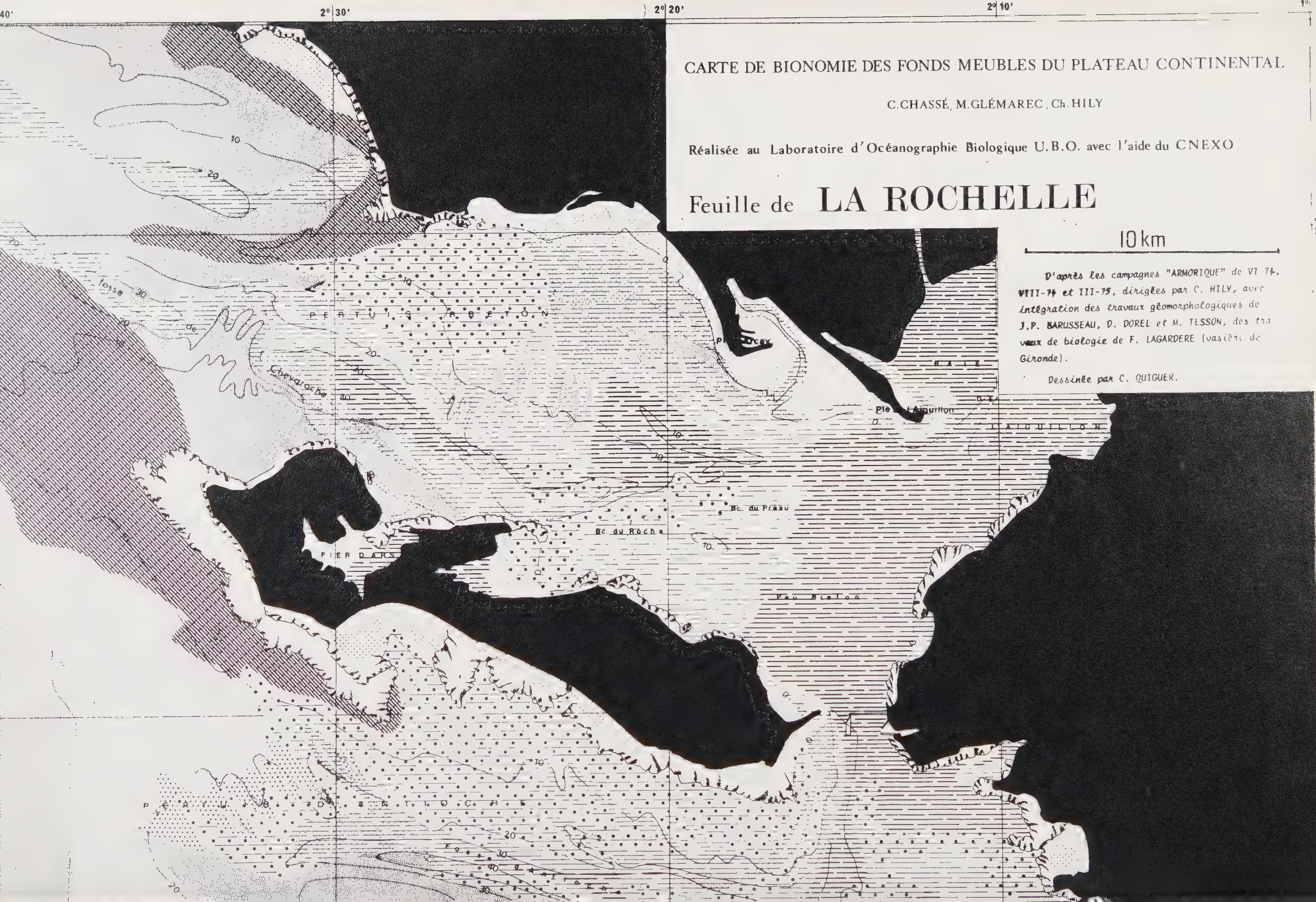
Figure 33 :

Transits sédimentaires dans le bassin de Marennes - Oléron
d'après TESSON, 1973 et POULIQUEN, 1975,
extrait de CARALP et VIGNEAUX, 1976

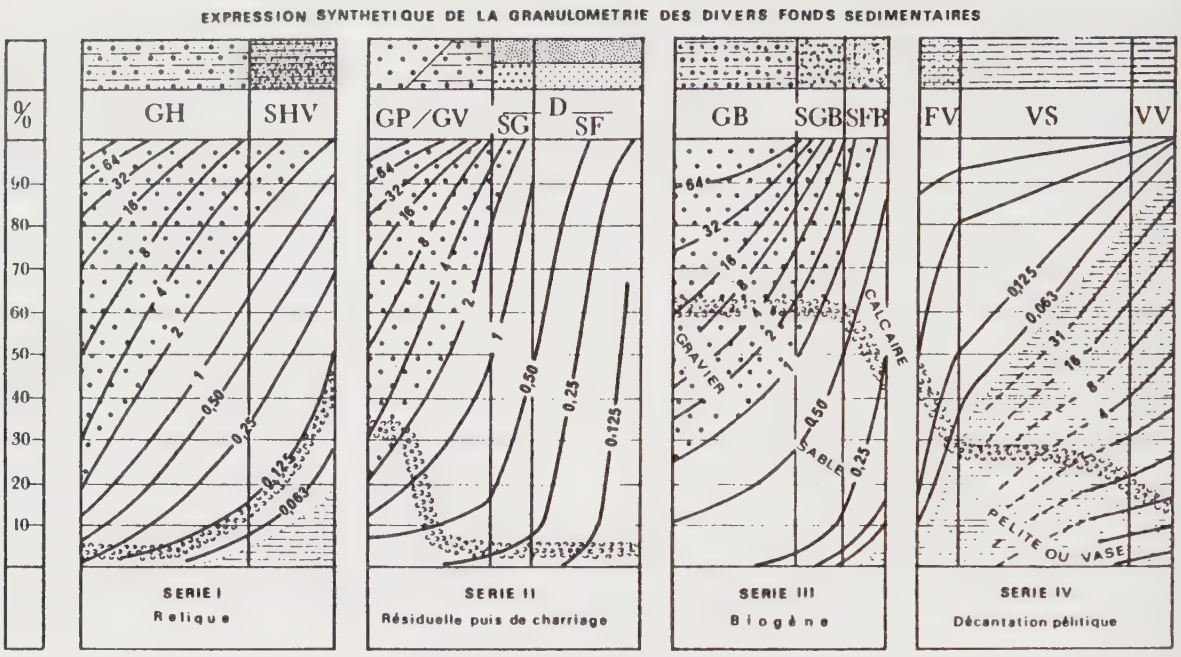
se vide par ce Coureau en direction de la fosse d'Antioche ; au moment de la mi-marée, il est rejoint par les courants issus des baies de La Rochelle, Chatelaillon et Yves au sud du phare du Chauveau, et se dirige ensuite vers le large. Il semble donc que les courants de flot et de jusant, alternatifs au large, décrivent des circuits préférentiels sur les fonds proches ; ce phénomène, possible en Baie d'Yves, bien que l'absence de mesure ne permette pas de l'affirmer, a été étudié dans tout le bassin de Marennes-Oléron par M. TESSON qui y a identifié un certain nombre de cellules hydrologiques relativement indépendantes, mises en mouvement par les courants de marée. Ce phénomène est très important pour la sédimentation, car il signifierait que les mêmes masses d'eau occupent presque en permanence les parties littorales de la Mer des Pertuis *(cf p. 115)*.

Les courants de marée, connaissant une brusque renverse au voisinage de la basse mer, avec un courant de flot immédiatement très rapide (maximum 1 h à 1 h 30 mn après la renverse du courant), sont susceptibles de reprendre les vases sur le fond ; or les parties orientales, de bathymétrie modeste sont en grande partie recouvertes de vases. L'importance de cette remise en suspension, combinée avec l'action des houles, explique d'ailleurs l'existence de ces vasières littorales dites de «refoulement».

La répartition spatiale des courants de marée oppose donc des zones de transit rapide (Maumusson, chenal du Coureau d'Oléron à l'est du banc Lamouroux, coureau de La Pallice, «passage du nord» où flot et jusant dépassent couramment 0,5 m/s, à des régions de


CARTE DE BIONOMIE DES FONDS MEUBLES DU PLATEAU CONTINENTAL
C.CHASSÉ, M.GLÉMAREC, Ch.HILY
Réalisée au Laboratoire d'Océanographie Biologique U.B.O. avec l'aide du CNEXO
Feuille de LA ROCHELLE
10 km
D'après les campagnes "ARMORIQUE" de VI 74, VIII-74 et III-75, dirigées par C. HILY, avec intégration des travaux géomorphologiques de J.P. BARUSSEAU, D. DOREL et M. TESSON, des travaux de biologie de F. LAGARDERE (vasière de Gironde).
Dessinée par C. QUIGUER.
2°30'
2°20'
2°10'
40'
PERTUIS BRETON
Chevarache
FIER D'ARS
Bc. du Rocha
Bc. du Praau
BAIE DE L'AIGUILLON
Pte de l'Aiguillon
PERTUIS D'ANTIOCHE
Fosse

AIX
Madame
MAUMUSSON
N
O
E
S
30
40



A toute verticale du graphique correspond un sédiment déterminé dont on lit, aux intersections avec les courbes d'isodimension, la composition granulométrique en pourcentage pondéral sur l'axe des ordonnnées. L'évolution de la teneur moyenne en calcaire est également précisée.

GH graviers hétérogènes sableux, SHV sables hétérogènes plus ou moins envasés
GP graviers propres, GV graviers vaseux, SG sables grossiers, SF sables fins
GB graviers biogènes, SGB sables grossiers biogènes, SFB sables fins biogènes
FV sables fins vaseux, VS vases sableuses, VV vases franches, D sédiments dunaires
(d'après CHASSÉ & GLÉMAREC - 1976)

Figure 34 :
Carte de bionomie benthique de la Mer des Pertuis
(extrait de C. HILY, 1976)

courants très modestes voire nuls, comme le nord de Sablanceaux, la Baie de Brouage où oscille le wantij, l'anse d'Yves vraisemblablement. J.P. BARUSSEAU repère sur les zones affectées par les courants, des formes de mégarides ou de dunes.

L'influence de ces différents agents dynamiques sur la sédimentation est maintenant mieux connue, grâce à l'ensemble des travaux effectués soit dans le bassin de Marennes-Oléron soit dans l'ensemble de la Mer des Pertuis pour le Schéma d'Aptitude à l'Utilisation de la Mer.

La *figure 33* reprend les travaux de M. TESSON (1973) et M. POULIQUEN (1975), d'après M. CARALP et M. VIGNEAUX (1976, p. 125), sur le bassin de Marennes-Oléron. Les sables sont très mobiles dans la partie centrale du Coureau - où des bancs calcaires seraient érodés - ; trois zones de dépôt apparaissent : le nord-est de l'île d'Oléron et les rivages de Maumusson principalement, la longe de Boyard très secondairement. Les éléments fins circulent aussi beaucoup dans le Coureau, mais leur axe principal de transit semble être le bas-estran d'Oléron plutôt que le Coureau lui-même : une part importante des éléments fins venant de la Mer des Pertuis est évacuée par Maumusson * ; la sédimentation est surtout active sur le littoral oléronais et dans la baie de Marennes, alors que le platin de Brouage est interprété comme une zone de remise en suspension. Ces très intéressantes conclusions rendent donc plus actuelle l'étude de la partie émergée du prisme littoral.

A une échelle différente, C. HILY (1976) s'intéresse à l'ensemble de la Mer des Pertuis dont il fournit (p.43) la carte de bionomie des fonds meubles reproduite sur la *figure 34*, intégrant les travaux de ses prédécesseurs et ses recherches propres. Il note entre autres choses la relative dessalure de l'estran de Brouage, due sans doute aux eaux charentaises, l'envasement de l'estran oléronais depuis les études de B. CALLAME (1961, p. 83) le caractère «désertique» des zones très agitées (pp. 44 à 63), l'abondance des formes de vie et de la biomasse de cette région de wadden, favorisées par les caractères hydrologiques originaux, et souligne fortement l'originalité de cette Mer des Pertuis. Les Pertuis charentais «se présentent comme une région unique en son genre sur le littoral atlantique, tant du point de vue physique que biologique. Les Pertuis fonctionneraient en effet comme un vaste estuaire où un coin salé et plus froid, océanique, pénètre en suivant les fonds, les eaux dessalées et plus chaudes, côtières, restant en surface.

* Les images des satellites Landsat ont montré l'importance de ce phénomène (FRALIT, 1977, p. 89 et ci-dessous, troisième partie).

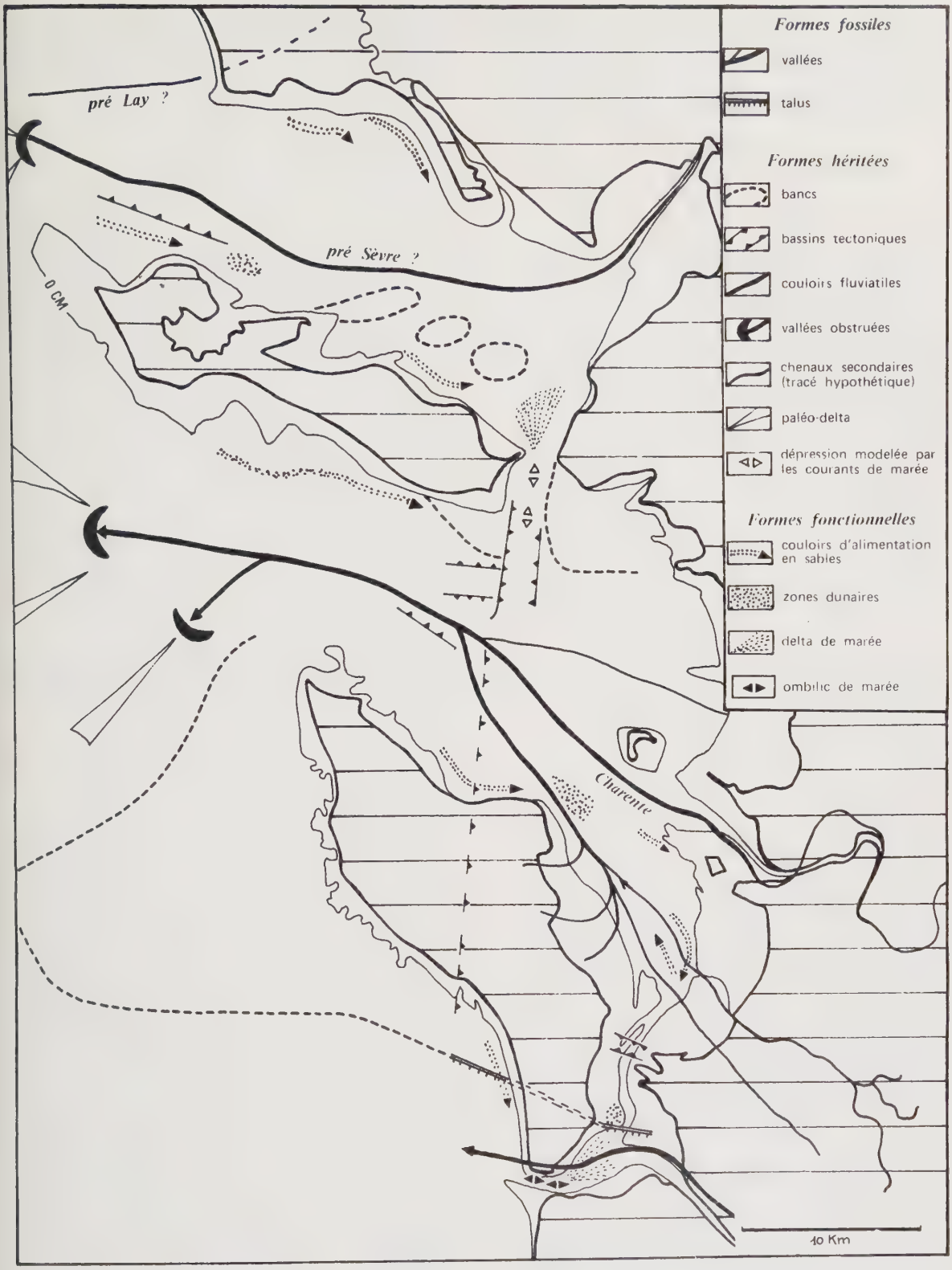


Figure 35 :

La Mer des Pertuis :

Croquis de géomorphologie sous marine
d'après VANNEY 1969 et 1973, BARUSSEAU 1973,
TESSON 1973, PINOT 1973
(voir aussi J.R. VANNEY, 1973, p. 83).

Ce facteur, allié à une très forte turbidité des eaux permet, d'une part à des espèces vasicoles vivant normalement au-dessous de 15-20 m de remonter jusqu'au 0 des marées*, d'autre part une bonne oxygénation des vases par les courants de marée qui les aèrent ; leur pauvreté relative en matière organique est due sans doute au très faible développement de la ceinture des grandes algues, limitée au 0 des marées par la turbidité ; les espèces vivant dans ces vases peuvent se développer au maximum, les biomasses animales... sont très supérieures à celles des sédiments équivalents sur le reste du littoral atlantique».

La Mer des Pertuis est une mer côtière. en arrière des îles de Ré et d'Oléron. Cette unité topographique est aussi géologique - fonds essentiellement secondaires et tertiaires, recouvrement meuble quaternaire tout à fait prédominant -, mais la diversité des phénomènes dynamiques qui y prennent place rendent cette unité assez arbitraire à plus grande échelle. Le Pertuis Breton et le Pertuis d'Antioche présentent des traits dynamiques et géomorphologiques communs, ouverture à l'ouest, fonds sableux puis vaseux près du littoral, présence de rares fonds rocheux, de compartiments tectonisés, de vallées submergées ; on pourrait dire en schématisant que les eaux qu'y émeut l'onde de marée sont animées d'un mouvement de va-et-vient. Le bassin de Marennes-Oléron, par contre, avec ses fonds sablo-vaseux, essentiellement mobiles, le caractère artificiel de ses rivages, l'intervention du seul fleuve régional, la Charente, constitue une unité particulière, dans laquelle, selon M. TESSON, la marée met en mouvement un certain nombre de cellules hydrologiques plus ou moins indépendantes et individualisées. Alternance et recyclage apparaissent donc comme les phénomènes fondamentaux régnant dans les différents bassins de cette «Mer des Pertuis».

La variété spatiale des phénomènes rend donc partielles les tentatives thématiques réalisées à des échelles plus ou moins adaptées : si les Pertuis de part et d'autre de Ré, par exemple présentent quelques traits communs avec la partie orientale du golfe Normand-Breton, c'est à la baie de Bourgneuf qu'il faudrait comparer le bassin de Marennes-Oléron : encore y manque-t-il cet «estuaire» original que constituent la Seudre et Maumusson. C'est sans doute vers des études aux grandes échelles qu'il faudrait orienter les travaux concernant les mers charentaises, et en intégrant les différents aspects des sciences naturelles : la thèse de C. HILY représente une intéressante tentative dans ce sens. La figure 35 résume l'ensemble des faits géomorphologiaues cartographiables sur la Mer des Pertuis, en utilisant la classification des formes de J.R. VANNEY (1969, 1973, 1977 a et b).

Notre but n'est que de présenter le cadre des Marais Charentais. Le Pertuis d'Antioche et le bassin de Marennes-Oléron constituent non seulement la partie marine du prisme littoral, mais aussi un espace résiduel aux dépens duquel se sont développés les Marais Charentais. Dans quelle mesure l'alluvionnement aux dépens de cet espace résiduel peut-il être considéré comme actif ou en voie de disparition ?

III - LE CLIMAT DES MARAIS CHARENTAIS

Les caractères du climat charentais, douceur et sécheresse, luminosité des étés et des automnes furent naguère soulignés par P. GARENC (1957) : ce «midi anticipé» (P. VIDAL de LA BLACHE, 1903) connaît la «longueur des étés chauds et lumineux qui s'attardent en automnes ensoleillés» (E. de MARTONNE, 1942 a) ; L. RALLET (1958) a pu relever un imposant cortège de plantes euméditerranéennes dans le paysage végétal régional.

Après avoir rappelé les caractères généraux de l'année climatique à La Rochelle, on insistera sur la sécheresse des étés charentais ; un essai de climatologie locale des marais sera ensuite présenté, en vue d'apprécier les caractères pluviométriques de ces marais littoraux.

a) Le climat du littoral charentais, traits généraux

Le climat dans les Marais Charentais est à la fois un aspect particulier du climat littoral (G. ESCOURROU 1975) dans lequel le vent joue un rôle important, mais aussi une facette locale du climat charentais, caractérisé par une certaine humidité hivernale ; l'humidité est alors non seulement dans le ciel comme partout, mais aussi dans le sol des marais situés près de plateaux calcaires aux sols plus perméables. Mais la sécheresse de l'été caractérise aussi le climat des marais.

Situations dynamiques moyennes

Les masses d'air issues de l'anticyclone des Açores affectent le littoral charentais durant l'été, qui est de ce fait très lumineux bien que les ciels couverts à plus de 75 % atteignent une fréquence moyenne de 45 %. La présence de vapeur d'eau diffuse dans les très basses couches de l'atmosphère est sans doute à l'origine de cette «lumière charentaise» que l'on se plaît à reconnaître sur le littoral. Les situations les plus typiques ont lieu en juillet, où les précipitations sont assez rares, lorsqu'une dorsale anticyclonique intéresse tout le Centre Ouest. Les précipitations ne sont pas inconnues cependant, puisque la moyenne 1950 - 1974 des précipitations de juillet à La Rochelle est 37,3 mm, avec seulement 6 années sur 25 où les précipitations furent inférieures au double de la température moyenne du mois. Juillet à La Rochelle, est en moyenne le seul mois où la courbe des températures et celle des précipitations dressées selon la convention de GAUSSEN ($P \simeq 2T$) se rejoignent ($18^{o}5$ pour 37,3 mm entre 1950 et 1974).

De juin à septembre, près de 53 % des orages affectent la région de La Rochelle, souvent sur une terre craquelée par la sécheresse, surtout dans le marais (étés 73-74-76) ; cependant, la situation normale (d'après

* Le Zéro des marées est le Zéro des Cartes Marines : voir infra, tableaux 31 à 39 .

M. ROUCH, 1933) est plutôt celle d'une sorte de brouillard nappant le littoral, alors que les orages s'abattent vers l'intérieur comme R. MACHENAUD (1972) le note pour Ardillières.

L'automne est la saison des brumes matinales et des pluies ; de septembre à janvier tombe environ le quart des précipitations annuelles mais les ciels clairs atteignent 52 % des jours à Rochefort et la température moyenne descend de 14° à 6°. L. PAPY (1941) a décrit les types de situations météorologiques responsables des pluies : passage de perturbations du nord-ouest vers le sud-est entre les basses pressions centrées sur les Iles Britanniques et l'anticyclone des Açores centré au sud-ouest du Portugal, ou trajectoire sud-sud-ouest / nord-nord-est de perturbations canalisées entre les basses pressions britanniques étalées vers le sud-ouest, l'anticyclone des Açores descendu au large du Maroc et l'anticyclone «européen» avancé sur la plaine germano-polonaise.

C'est en hiver que les situations anticyclonales, par vent de nord ou de nord-est s'installent sur le Centre-Ouest : les marais disparaissent alors sous une brume parfois épaisse qui peut rappeler les climats belges ou picards, mais il ne gèle que rarement. L'hiver est en Charente littorale plus humide que froid : 212,8 mm en décembre, janvier, février (moyenne 1950-1974), mois les plus froids avec 6,4°, 5,5° et 6,1° à La Rochelle.

Au printemps, la région est peu arrosée, malgré une situation météorologique instable : en mars, avril et mai, les précipitations sont inférieures à la moyenne annuelle. Avril est particulièrement déficitaire, et précède juillet dans un classement décroissant des pluviosités : c'est au moment du démarrage de la végétation que la pluviométrie se fait discrète, et parfois insuffisante, comme en mars 1953, avril 1955, mars 1961 et avril 1976, qui ont reçu moins de 2,5 mm d'eau.

Le diagramme *(figure 36)* montre, de la première décade de juin à la seconde d'août, une certaine subsécheresse (P. REY, 1957) qui peut caractériser l'été. L'été comporte une période où les précipitations diminuent alors que la température augmente jusqu'en juillet ; fin juillet à août, les températures se stabilisent et les précipitations redeviennent plus abondantes.

Une saison pluvieuse avec baisse des températures, de 17° à 6° - 7° lui succède de fin août à février : un long automne plutôt qu'un hiver, car janvier, le mois le plus froid reste supérieur à 5° (5, 7°) ; pendant les mois frais, en décembre, janvier et février, la moyenne des températures reste proche de 6°.

C'est au «printemps», de mars à début juin que se juxtaposent les phénomènes les plus variés : un «petit été» (?) précoce, en avril, moins froid (10°4) mais où les précipitations dépassent quatre fois les températures, puis une pointe pluvieuse, en mai, avec 53,2 mm pour 14,2°. Si avril n'est guère que l'écho affaibli du petit été toulousain de R. LAMBERT (1975) le mois de mai annonce déjà les fortes précipitations des printemps ligériens (J.M. COUDERC, comm. pers).

En réalité, ce découpage en saisons ombrothermiques moyennes reste assez artificiel, car la végétation et les activités de plein air sont davantage sensibles au rythme des types de temps. Une étude des aléas météorologiques au cours des vingt cinq dernières années permet une approche statistique de cette réalité.

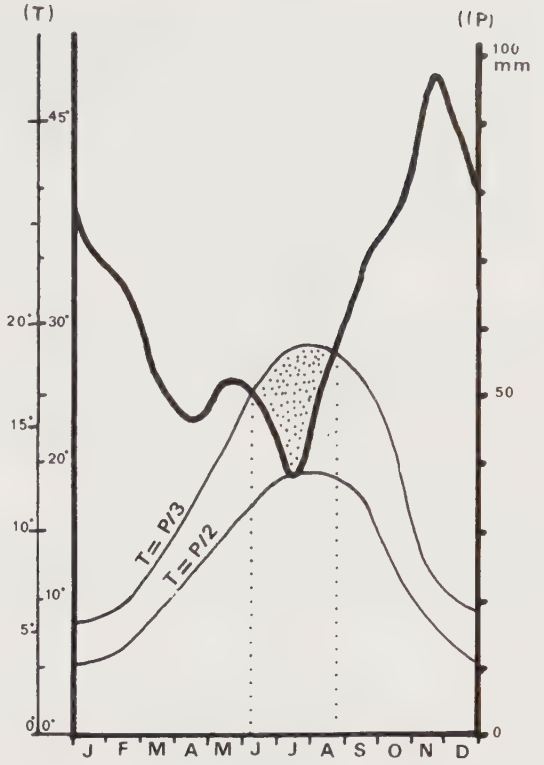


Fig. 36 : Diagramme ombrothermique moyen de La Rochelle 1951 - 1975

On ne saurait refaire ici une étude statistique complète du climat rochelais ; on insistera particulièrement sur la sécheresse de l'été, phénomène général bien mis en évidence à petite échelle par P. GARENC (1957) et sur les caractères particuliers de la pluviométrie des marais.

b) La sécheresse du climat charentais

A l'échelle temporelle du mois et à une échelle spatiale qui serait celle des stations de la Météorologie Nationale, l'étude de la sécheresse à La Rochelle peut être considérée comme une image de la sécheresse sur le littoral charentais. Les définitions de la sécheresse à La Rochelle sont nombreuses, en fonction du but poursuivi. C. BOISRAME et R. SEIGNEURIN (1969) ont choisi des limites pluviométriques statistiques : la moyenne mensuelle de la pluviométrie étant de 55 mm sur 172 ans, un mois est sec s'il reçoit moins de 50 mm. Pour H. GAUSSEN et F. BAGNOULS (1957), un mois est sec si les précipitations exprimées en mm sont inférieures au double de la température exprimée en degrés C : juin, juillet et août, sont alors des mois secs. Pour P. REY (1957) la sécheresse est mieux caractérisée si les précipitations sont inférieures au triple de la température ; R. LAMBERT (1957, p. 293) considère que, dans le bassin de la Garonne, ces deux notions peuvent être interprétées en termes de fréquences.

A La Rochelle, le mois le moins arrosé, juillet est à la limite de $P = 2T$, alors que la courbe $P = 3\ T$ permet d'individualiser un été sec étalé de juin à août. C'est donc ce rapport que nous retiendrons. On a établi (fig. 37) les diagrammes ombrothermiques annuels à La

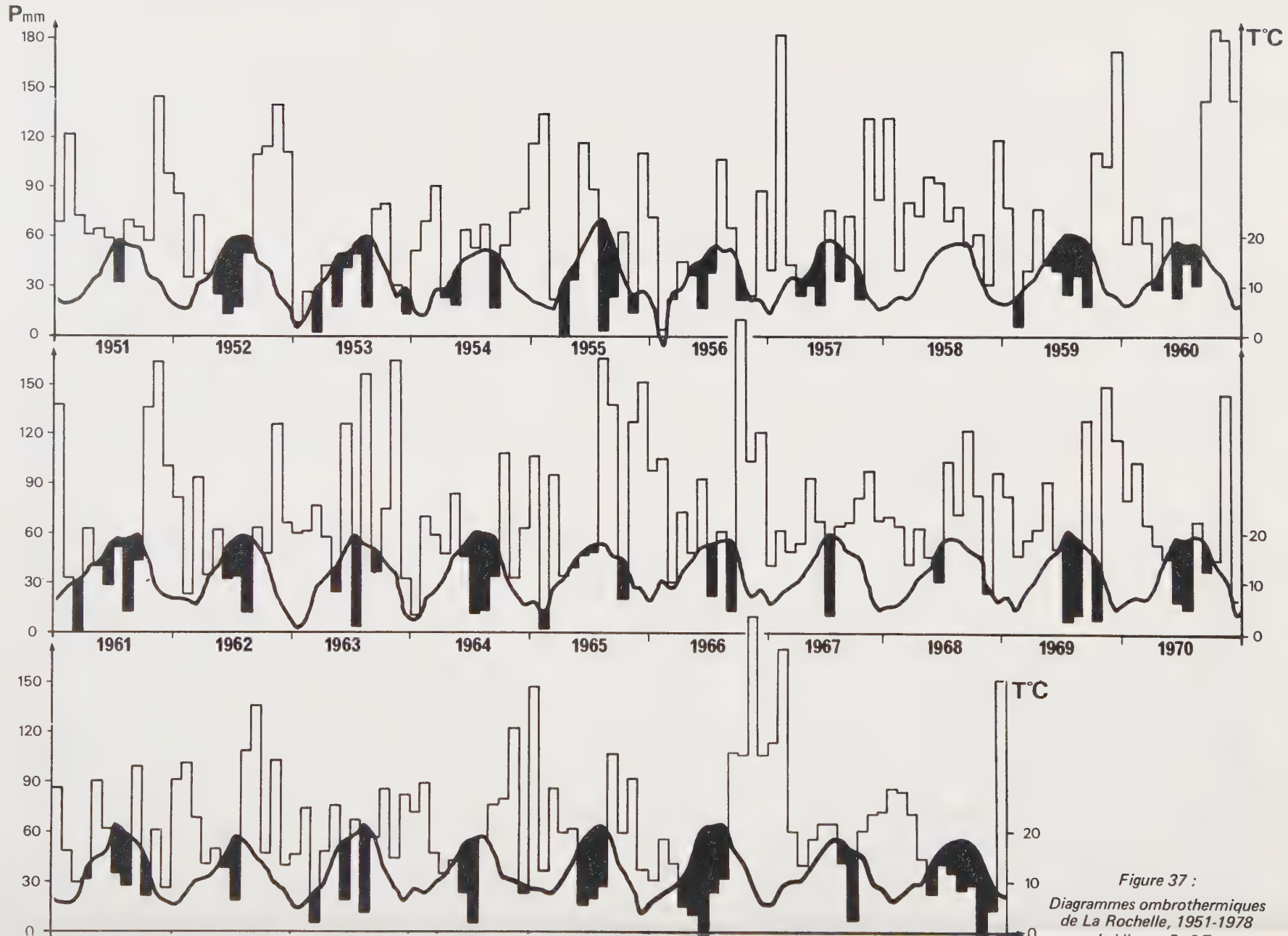


Figure 37 :
Diagrammes ombrothermiques de La Rochelle, 1951-1978

Rochelle entre 1951 et 1975, avec le rapport P ≃ 3T. Dans la mesure où ce dernier correspond à l'évapotranspiration appréciée (Ea de R. LAMBERT, 1958 et 1975), la comparaison entre les précipitations P et Ea est une image soit de la tranche d'eau susceptible de créer un écoulement («débit climatique» de R. LAMBERT, 1975, p. 110) soit de la sécheresse si Ea ≻ P. La figure 37 montre trois types de situations correspondant à des périodes sèches :

• de toute la série, seule 1958 n'a pas connu de mois sec, bien que le mois de septembre soit à la limite de P ≃ 3T : ceci est dû à des précipitations continues au printemps et en été : 495 mm de mars en août pour une moyenne de 295 mm en 25 ans.

• des mois secs séparés par des périodes plus arrosées, comme en 1951 et 1967 où juillet fut le seul mois sec de l'année ; les printemps de 1954, 1963, 1965, 1966, 1973, connurent plusieurs mois secs ; en 1955, 1956, 1957 par contre, 2 mois secs se juxtaposent. - Ces années très irrégulières sont sans doute parmi les plus dommageables aux cultures ; elles représentent statistiquement une année sur 3 : mai et août sont alors trop arrosés et interrompent la saison sèche qui caractérise la série suivante.

• des saisons sèches assez longues, de 3 à 4 mois comme en 1952, 1953, 1956, 1957, 1959, 1960, 1961, 1962, 1964, 1969, 1970, 1975, le record étant 1959 et 1976 avec 5 mois secs. Juillet est toujours concerné ; la saison peut être légèrement décalée sur le printemps (1952) mais se poursuit souvent au delà de septembre. Cette saison sèche peut être accentuée comme en 1955, 1963, 1969, 1974 avec un mois recevant moins de 10 mm, ou plus sévère avec 3 mois recevant moins de 30 mm comme en 1952 et en 1975. A aucun moment l'hiver n'est sec.

Ce diagramme montre que si l'on peut ainsi caractériser les années sèches, le cadre de l'année civile est mal adapté à la mise en évidence de rythmes climatiques ; c'est sans doute à l'échelle temporelle inférieure, le mois, qu'il faut parvenir.

c) Le rythme des mois secs

La comparaison des totaux pluviométriques mensuels et de la moyenne des températures mensuelles 1950-1974 permet, avec le rapport P≃3T, de déterminer quels furent les mois secs de cette période. Leur fréquence s'établit ainsi (*tableau 8*).

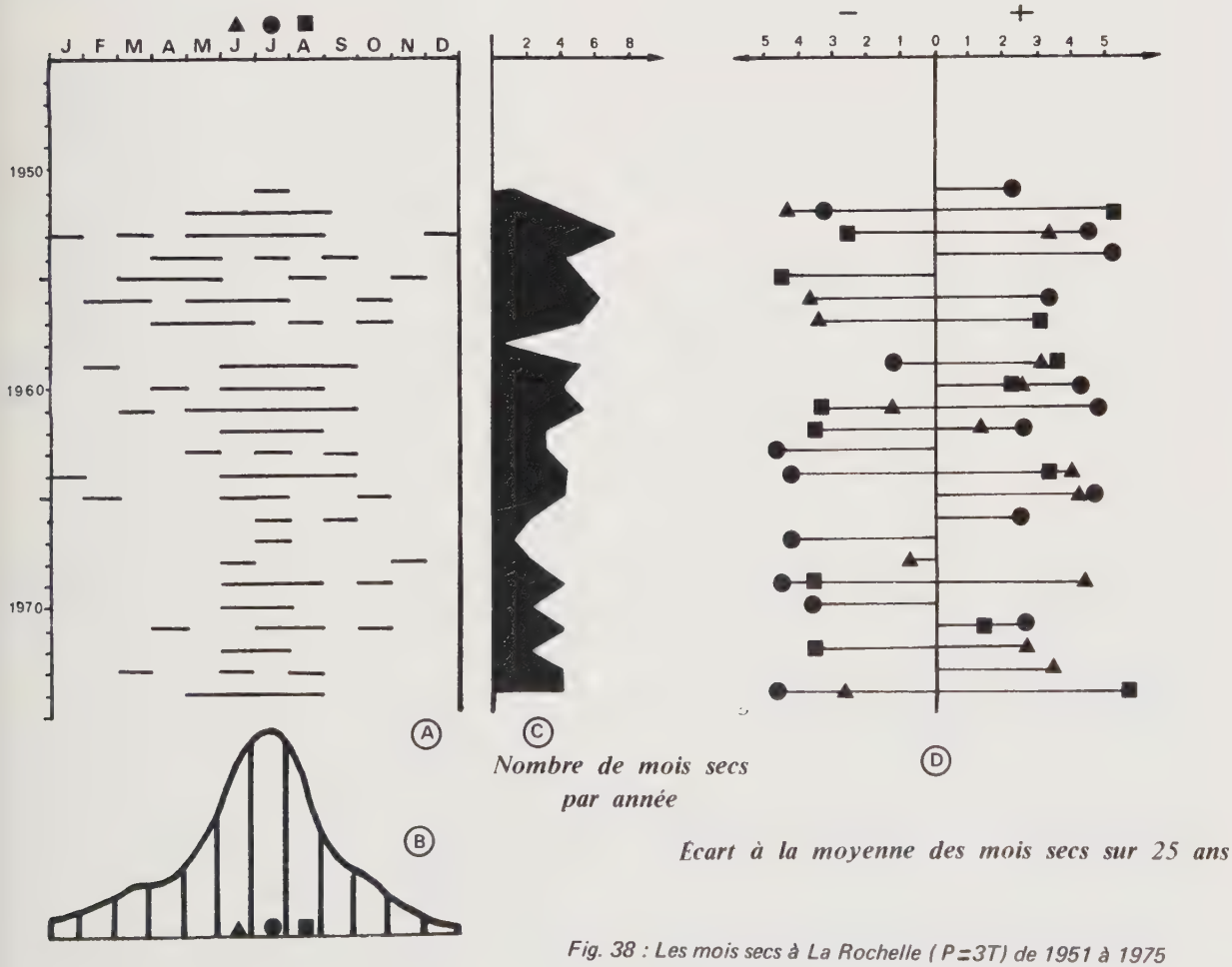


Fig. 38 : Les mois secs à La Rochelle (P≃3T) de 1951 à 1975

A : Tableau des mois secs, de 1950 à 1974 — B : Courbe de fréquence élémentaire des mois secs : juillet, juin et août sont le plus souvent secs. — C : Nombre de mois secs par années : 1953 et 1956 connurent le plus de mois secs. — D : Ecart des mois de juin (triangle) juillet (rond) août (carré) à la moyenne des mois secs 1950-1974, exprimé en mm de précipitations.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Nb	2	3	5	5	9	16	19	13	6	5	2	1
1	8,3	12,5	20,8	20,8	37,5	66,6	79,2	54,2	25	20,8	8,3	4,2
2	0,7	1,1	1,9	1,9	3,4	6,1	7,2	4,9	2,3	1,9	0,7	0,4

1 - Fréquence des mois de (janvier...) secs en 24 ans.
2 - % de chaque mois sec en 25 ans.

Tableau 8 :

Fréquence des mois secs (P=3T) à La Rochelle (1951 - 1975)

Ces mois secs sont portés sur la figure 38 pour la période 1951 - 1975. Quatre faits apparaissent sur le diagramme B qui représente la courbe de fréquence des mois secs à La Rochelle.

a) Aucun mois de l'année n'est à l'abri de la sécheresse même novembre et décembre. Le classement par ordre croissant des mois de l'année est décembre, janvier et novembre, février, mars et avril et octobre, septembre, mai, août, juin, juillet.

b) Mars, avril et septembre, octobre ont des fréquences voisines : le printemps et l'automne sont parfois assez secs à La Rochelle.

c) C'est en juin que commence l'été, la fréquence des mois secs doublant par rapport à mai.

d) La sécheresse, forte en juillet (7,2 %) tombe en septembre à 2,3 %.

Bien que tous les mois puissent être secs, une plus grande fréquence concerne les mois de juin, juillet, août où se conjuguent à la fois le déficit des précipitations et la hausse des températures. Pour ces trois mois, C. BOISRAME et R. SEIGNEURIN considèrent comme «arides» les trimestres d'été recevant moins de 75 mm, «et très secs» les étés recevant moins de 50 mm ; ils recensent ainsi 26 étés arides et 6 étés très secs (1780 et 1781, 1869 et 1870, 1906 et 1907) ; dans la décennie 1961-1970, seuls 1964 avec 71,5 mm et 1969 avec 68,5 mm furent «arides». 15,4 % des étés reçoivent moins de 75 mm, alors que 79 % des mois n'ont connu que 50 mm de précipitations au plus *(tableau 9)*.

Ainsi, si aucun mois n'est à l'abri de la sécheresse, c'est pendant l'été, de juin à août que les fréquences des mois secs, avec P=3T sont les plus grandes.

Toutefois, les années et les mois ne se ressemblent pas en climatologie. Ainsi, sur 172 années entre 1788 et 1960, les mois d'étés n'ont pas le privilège de la sécheresse, même absolue : ils ne représentent que sept mois sur quatorze (août 1878, avril 1817, août 1856, mai 1861, août 1865, juin 1870, juillet 1876, janvier 1880, mai 1880, juillet 1898, juin 1906, mai 1929, février 1932, avril 1955).

d) La sécheresse de l'été

Cependant la prise en compte d'un seul paramètre ne peut suffire pour caractériser la sécheresse de l'été. L'absence de relevés des températures pour La Rochelle entre 1926 et 1946 (P. GARENC, 1957), ne permet pas une étude précise des étés sur une longue période. On

Moyenne mensuelle en mm	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Moyenne décennale
1781 - 1790	58	57	49	39	46	45	48	42	72	75	86	75	692
1811 - 1820	53	53	37	46	53	39	57	36	55	92	58	74	653
1821 - 1830	43	41	38	44	54	52	37	44	71	70	59	78	631
1831 - 1840	56	54	35	33	56	43	31	54	90	65	84	50	651
1841 - 1850	66	47	40	54	38	38	40	50	81	85	80	43	662
1851 - 1860	71	41	45	56	60	52	41	42	75	93	74	70	720
1861 - 1870	66	48	55	25	37	39	30	36	72	88	77	61	634
1871 - 1880	63	46	42	60	28	48	34	38	50	82	82	75	648
1881 - 1890	42	33	46	40	64	49	42	36	66	86	95	64	663
1891 - 1900	52	48	38	42	37	34	24	35	53	106	62	71	602
1901 - 1910	45	57	51	43	46	50	36	38	49	88	80	95	678
1911 - 1920	66	54	62	35	49	45	44	35	60	76	104	95	725
1921 - 1930	74	60	65	64	48	38	54	52	51	97	106	90	799
1931 - 1940	79	57	55	47	48	41	57	46	73	92	107	80	782
1941 - 1950	67	48	40	35	52	41	37	47	55	51	84	80	647
1951 - 1960	71	70	51	41	44	49	50	50	65	79	88	102	760
1961 - 1970	77	57	57	55	57	54	31	64	69	80	114	84	799
	62	51	47	45	49	45	40	43	65	82	85	76	691

Tableau 9

Précipitations mensuelles à La Rochelle (moyenne décennale) d'après BOISRAME et SEIGNEURIN (1969), complété

peut toutefois supposer en première approximation que les températures de Rochefort sont très peu différentes, en moyennes 1891 - 1930 et 1950 - 1974 pour Rochefort et La Rochelle. Pendant ces deux longues périodes, en juin, juillet et août, les précipitations exprimées en mm sont inférieures à trois fois les températures exprimées en degrés ; septembre est à la limite pour la première période. (*tableau 10*).

	Températures		Précipitations	
	(1) A	(2) B	(1) A	(2) B
Janvier	5,8	5,7	54	71
Février	6,7	6,4	54	66
Mars	9,4	8,7	55	51
Avril	11,5	11,0	42	46
Mai	14,1	14,2	44	53
Juin	17,7	17,3	40	49
Juillet	19,6	19,3	38	39
Août	19,8	19,2	36	56
Septembre	17,6	17,5	52	71
Octobre	13,5	13,3	94	(75)
Novembre	9,4	8,8	87	(98)
Décembre	5,7	6,4	91	(84)
Année	Rt12,6 LR 12,3	11,9	687	(760)

Tableau 10 : Valeurs moyennes 1891 - 1930 (1) et 1950 - 1974 (2) des précipitations et des températures à Rochefort (A) et à La Rochelle (B).

Une mesure de la sécheresse de l'été peut être établie à partir de l'indice d'aridité de de MARTONNE (1942 b) selon la formule (px12) / (t+10) où p représente la pluviométrie moyenne mensuelle exprimée en mm et t la température moyenne mensuelle exprimée en degrés. Cet indice s'établit ainsi pour les étés rochelais : *(tableau 11).*

	Juin	Juillet	Août
1891 - 1930	17,3	15,3	14,6
1951 - 1975	21,5	15,9	23,0

Tableau 11 : Indices d'aridité (de MARTONNE) pour La Rochelle.

La signification de cet indice est souvent discutée mais il présente l'avantage de la facilité du calcul. L'indice de THORNTHWAITE permet d'établir l'évapotranspiration potentielle en fonction de la température et de la latitude ; bien que la formule en soit assez complexe, des tables et abaques en permettent une détermination commode. Selon C. LECARPENTIER (1975) cet indice est utilisable en zone tempérée humide ; P. GARENC (1957) a établi les variations de l'ETP THORNTWAITE pour la période 1891 - 1930 à La Rochelle.

On peut cependant se demander si les remarques de C. LECARPENTIER (1975) concernant les climats de type méditerranéen ne s'appliqueraient pas à La Rochelle : pour les climats «secs et lumineux», c'est au contraire la formule de THORNTHWAITE qui sera une des moins conseillées parce qu'elle sous-estime alors nettement l'évapotranspiration (p. 105). La formule de BOUCHET (1961) dite encore «PICHE corrigée» peut être employée dès que l'on dispose de «trois données climatiques : évaporation Piche Ep, température moyenne de l'air tm et point de rosée tdm (où à défaut température minimale tn)» (p. 402). Ces données en cours d'établissement par la Météorologie Nationale et l'Institut National de la Recherche Agronomique de St Laurent de La Prée feront l'objet d'une publication séparée ; on pourra alors vérifier ce que suggère le tableau ci-dessus, une «aridité» plus forte du climat pendant les dernières décennies.

e) La répartition spatiale des précipitations

Dans quelle mesure les relevés effectués à La Rochelle donnent-ils une image fidèle du climat des marais ? La Rochelle est située au nord des marais étudiés ici : le marais de Rochefort est à cheval sur le 46ème parallèle, le marais de Brouage vers 45°56', les marais de la Seudre vers 45°52', alors que La Rochelle est à 46°10'. L'altitude de la station est de 4 m NGF, altitude voisine de celle des marais ; elle est située en bordure même de la mer, au Bout Blanc.

Depuis la dernière guerre, le réseau de postes bénévoles de la Météorologie Nationale s'est étoffé ; grâce à l'obligeance de M. DRAPEAU, chef de Station à La Rochelle et de ses collaborateurs, nous avons pu avoir accès aux relevés des postes situés à la périphérie des marais. *

Les observations effectuées dans cet ensemble de postes présentent des coefficients de corrélation tout à fait satisfaisants avec les données de La Rochelle : le tableau 12 indique les valeurs de r pour la pluviométrie de la période 1970-1975, qui rassemble 17 postes aux relevés à peu près complets. **

L'influence de la distance de la mer : tests sur la période 1970-1974 ·

La distance au littoral influe sur le total des précipitations. Ainsi, les séries du Marais Poitevin, citées par J. DUPUIS et coll. (1969) *(tableau 13)* et portant sur 28 à 43 ans, montrent-elles une croissance de la pluviométrie en direction de l'intérieur, pouvant atteindre 0,5 à 1 mm par kilomètre. Ce gradient est plus ou moins net suivant que le mois est ou non arrosé : en novembre, mois très arrosé avec plus de 12 % à 14 % des précipitations annuelles, le gradient est quasi nul, mais atteint ses valeurs maximum en avril et juillet, c'est-à-dire pendant les deux mois les moins arrosés.

Les années 1970-1974 (1971, 1973, et 1974 en particulier) ont connu une pluviométrie déficitaire, malgré les fortes précipitations du dernier trimestre 1974 A La Rochelle et La Tremblade par exemple, le déficit

* Qu'ils trouvent ici l'expression de notre remerciement pour leur extrême obligeance.

** Pour Saujon et St Trojan, les observations d'avril 1971 manquent ; on les a restaurées en remarquant que, pour les autres postes P (avril) = 0,22 P (mars)+ 277,55 avec un coefficient r=0,17 et P (avril)=0,09 P (mai)+264,44 avec r=0,55 ; à partir des précipitations observées en mai 1971, les précipitations «restaurées» en avril 1971 sont de 33,0 mm dans l'une et l'autre station.

des précipitations 1970/74 par rapport à la moyenne 1951 - 1974 est de l'ordre de 10 %. On peut donc espérer que les phénomènes de sécheresse différentielle seront plus marqués pendant cette période, qui correspond par ailleurs à des séries plus nombreuses.

Ainsi la comparaison des relevés à St Clément des Baleines, La Rochelle, Marans, La Ronde et Cram-Chaban, *(tableau 14)* situés à des latitudes voisines, montre un gradient sensible (0,5 à 3,5 mm/km), marqué par une plus grande sécheresse dans le marais que sur le littoral même (La Rochelle) et sur la bordure (Cram-Chaban) où l'altitude doit contribuer à accroître les précipitations.

	distance en km		précipitations 1970-1974		
St Clément (Ré)	0			100	
La Rochelle 4 m	32	0	655		100
Marans	57	25	643,0		0,98
La Ronde	96	39	590,8		0,90
Cram Chaban	152	46	691,6		105,6

Tableau 14 :
Précipitations 1970 - 1974 au sud du Marais Poitevin

Station	Période	Correlation
MURON	70-75	0,80
LA RONDE	70-75	0,82
MARANS	70-75	0,88
CRAMCHABAN	70-75	0,77
SAINT CLÉMENT	71-75	0,71
ST MARTIN	71-75	0,74
ANGOULINS	71-75	0,87
ST DENIS	70-75	0,82
FOURAS	70-75	0,84
ST LAURENT	70-75	0,83
ST TROJAN	70-75	0,76
ST JEAN D'ANGLE	70-75	0,77
LA TREMBLADE	70-75	0,81
LA COUBRE	70-75	0,81
SAUJON	70-75	0,75
ROYAN	70-75	0,74

Tableau 12 :
Cœfficients de corrélation entre les pluviométries enregistrées à La Rochelle et dans 16 postes de Charente Maritime, entre 1970 et 1975

	alt.	km	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	A
Marans	4	10,5	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Bazoin	4	27	1,10	1,20	1,17	1,21	1,15	1,17	1,31	1,20	1,16	1,07	1,00	1,11	1,14
La Sotterie	4	39	1,15	1,27	1,20	1,31	1,21	1,20	1,42	1,25	1,14	1,12	1,06	1,13	1,18
Niort	56	54	1,28	1,37	1,33	1,45	1,22	1,22	1,45	1,31	1,25	1,18	1,03	1,25	1,25

Tableau 13 : Augmentation de la pluviométrie avec la distance à la mer, d'après les données de la Brigade fluviale des Ponts & Chaussées (J. DUPUIS et coll, 1969, t 2, p. 6)

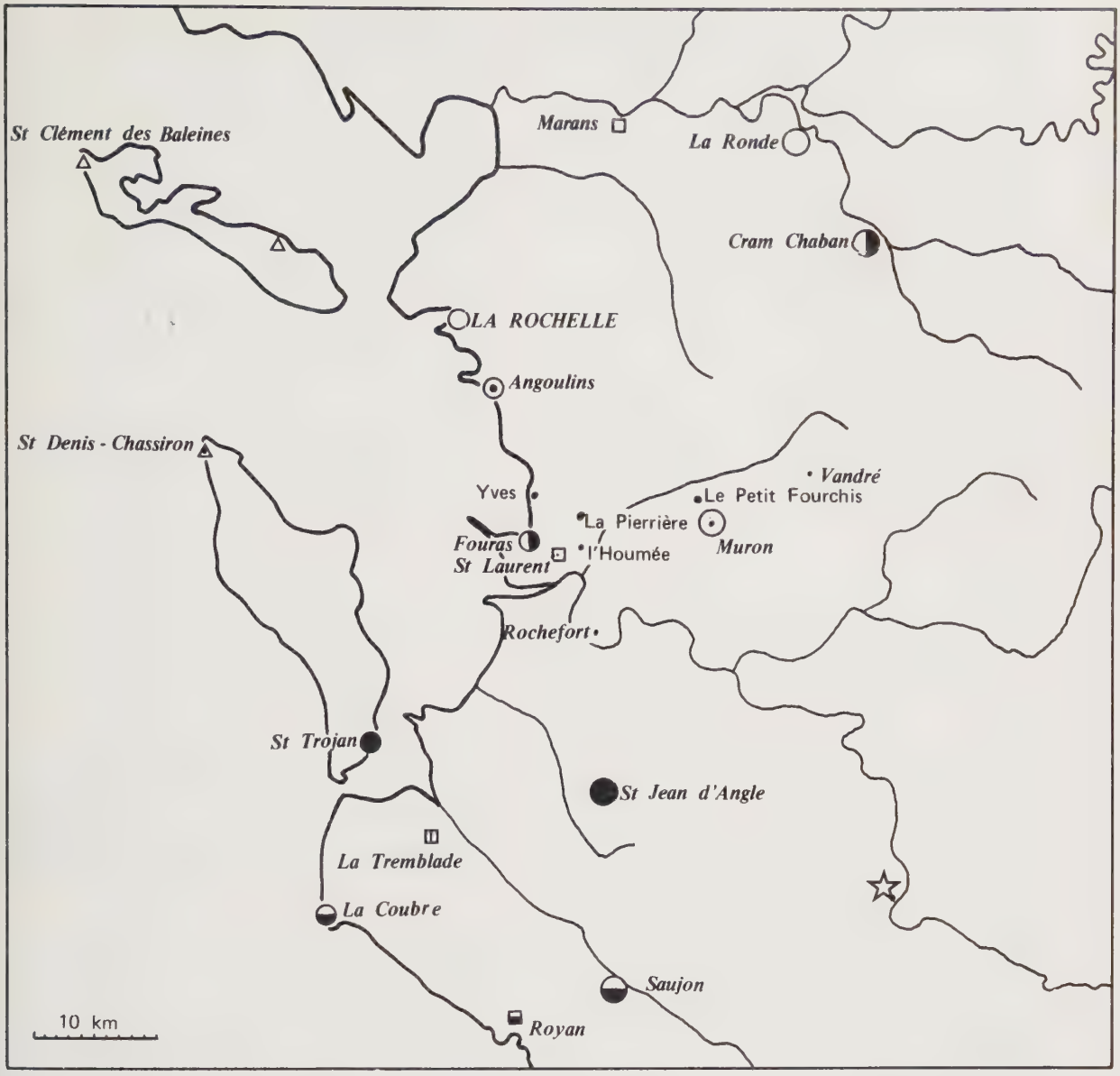
Dans la région étudiée ici, la distance au littoral des stations du marais est toujours inférieure à 50 km ; aussi ne s'attend-on pas à trouver de différences très importantes. En effet, pendant la même période, si Angoulins et Fouras dont les situations par rapport au littoral sont voisines ont reçu respectivement 655 mm et 728 mm de précipitations par an, St Laurent à moins de 5 km de Fouras a reçu 678 mm et Muron l'Ile d'Albe à 17 km, 695 mm. Aucun gradient évident ne peut être mis en évidence tant pour les totaux annuels de précipitations que pour les totaux durant les seuls mois secs.

Etablis sur 72 observations pour chacun des 16 postes considérés, les cœfficients de corrélation du *tableau 12* peuvent être considérés comme hautement significatifs : r n'est inférieur à 0,8 que pour les séries plus courtes (Saint-Clément des Baleines, Saint-Martin de Ré, la Tremblade), pour les postes éloignés du littoral (Cram-Chaban 0,77) ou pour Royan dont la situation en latitude permet de soupçonner l'appartenance à une autre province climatique. *(figure 39).*

La comparaison de cette carte et du tableau montre que la corrélation est d'autant moins bonne que l'on s'éloigne de La Rochelle (à l'exception de la Coubre et de l'Ile de Ré, dont le climat plus sec est dû au caractère insulaire).

Sur la figure 40, on a porté les précipitations enregistrées pendant cette période en fonction de la distance à la mer pour les flux de nord ouest et les flux d'ouest. Dans les deux cas, les stations les plus littorales (La Rochelle, Angoulins, La Coubre, St Laurent, St Trojan sont les moins arrosées, les stations de l'intérieur (Muron, St Jean d'Angle) ou à proximité d'une forêt (La Tremblade) les plus arrosées ; quatre stations se situent à l'écart du nuage : Royan et Saujon , plus méridionales et aussi peu arrosées que les stations franchement littorales, Saint Jean d'Angle, à proximité du sommet d'une «falaise morte», de 31 m d'altitude, et Muron, station installée sur l'Ile d'Albe, à 13 m d'altitude.

Les données ne sont donc pas encore assez nombreuses pour que l'on puisse faire état d'une nuance spécifique aux marais du «climat charentais» défini à La Rochelle. Il semble, néanmoins, que la pluviométrie augmente en direction de l'est et du sud-est et diminue



Les points figurent les «postes supplémentaires» ; le réseau de la Météorologie Nationale est représenté par les autres symboles, repris sur la figure 40.

Figure 39 :

Postes climatiques utilisés

vers le sud. Mais les conditions locales ne sauraient être réduites à la seule distance à la mer : la turbulence créée par le relief (Fouras, Muron) ou le voisinage d'une forêt (très net à La Tremblade) interviennent aussi pour rendre compte de nuances dans la quantité des précipitations. Au demeurant, si l'hypothèse d'une nuance plus sensible à la sécheresse du climat des marais reste plausible, Saint-Laurent de la Prée recevant presque 10 % de précipitations de moins que Fouras, très proche (686 mm au lieu de 731 mm), l'ordre de grandeur de la variation dépasse d'assez peu la tolérance de lecture. Pour essayer de préciser ce phénomène, des pluviomètres ont été installés courant 1976 à Yves, La Perrière, l'Houmée et Le Petit Fourchis, grâce à la collaboration de l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), afin d'étudier l'influence de l'abri sur les précipitations dans le marais de Rochefort (seule la station INRA de Saint-Laurent est située sur le marais). Des difficultés de maintenance, ainsi que la malveillance ont rendu inexploitables les quelques enregistrements obtenus.

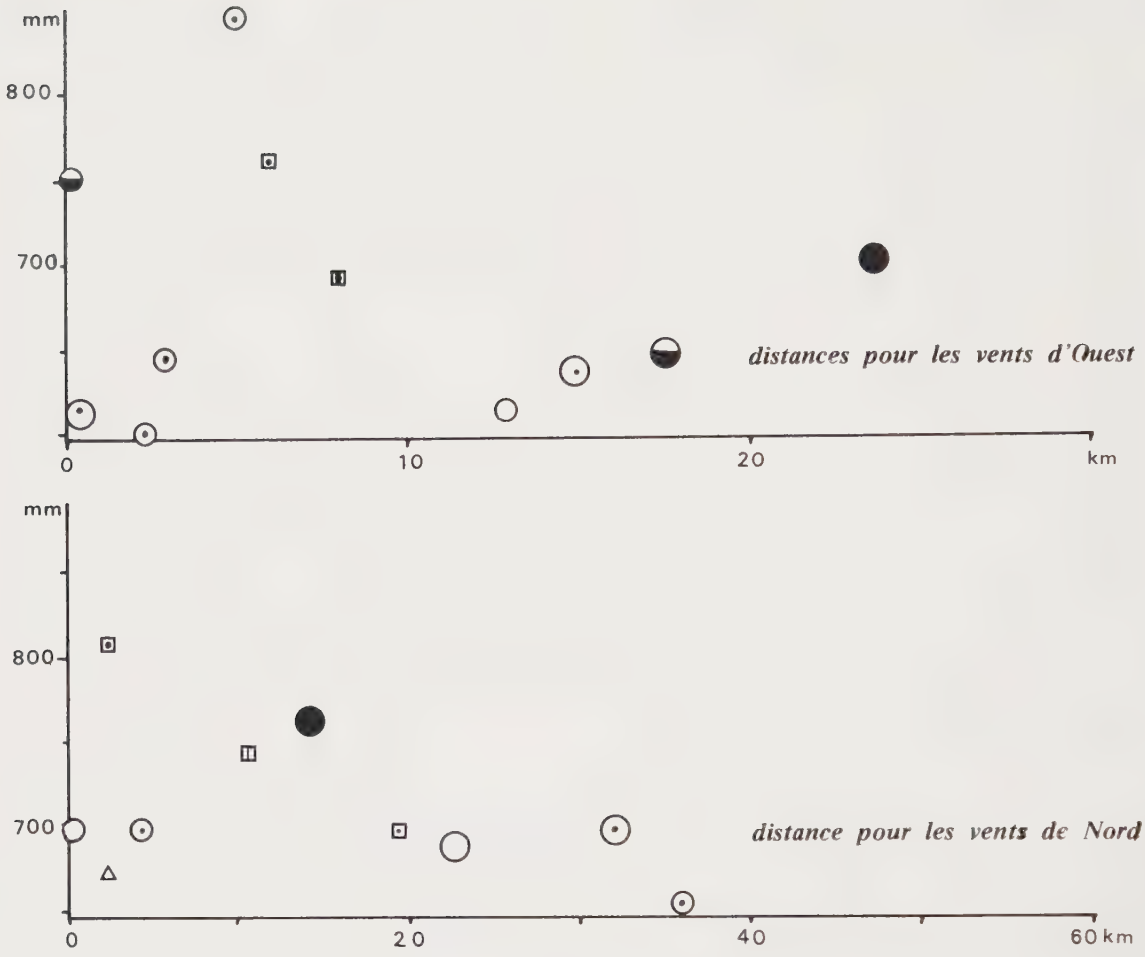


Figure 40 :

Moyenne des précipitations 1970 - 1974 et distances à la mer

(Les signes correspondent aux stations de la figure 39)

Le climat des Marais Charentais ne peut donc être connu avec précision en l'absence de séries d'observations situées sur le marais même. Les valeurs recueillies par les postes bénévoles de la Météorologie Nationale permettent de supposer que les gradients de précipitations en direction de l'est et du sud-est sont modulés dans le marais même par la distance à la mer et la «rugosité» des régions traversées (ascendances liées aux talus comme à Saint Jean d'Angle ou à l'Ile d'Albe, etc...). Etabli en collaboration avec l'INRA, un réseau de postes supplémentaires mis en place progressivement devrait permettre de tester ces hypothèses.

Si la partie atmosphérique du prisme continental ne peut être connue avec la précision souhaitable, il n'en est pas de même du tracé du littoral, ligne instantanée dont l'évolution retrace les incertitudes de l'équilibre toujours remis en cause entre la Terre, l'Océan et l'Atmosphère : ce sera l'objet du prochain chapitre.

IV - CINÉMATIQUE DU LITTORAL CHARENTAIS

L'action de la mer sur le littoral a toujours et partout frappé l'imagination des hommes, et le littoral charentais est l'un des secteurs où les forêts englouties et les villes disparues seraient nombreuses. Il était en effet tentant de relier les îles au continent (une chaussée romaine aurait franchi le Pertuis de Maumusson ; «au temps de Philippe VI, Oléron était séparé d'Arvert par un fossé qu'on sautait avec un bâton» (A. PAWLOWSKI, 1903, 1904), d'imaginer sur les rochers émergeant à marée basse des villes, comme Montmélian, sise à mi-chemin entre l'île d'Aix et Chatelaillon, à une époque où «on pouvait passer à pied sec de l'une à l'autre», ou bien encore de situer sous «les dunes qui marchent en Arvert» nombre de cités : Buze, Anchouanne ou Anchoine, etc...

La difficulté essentielle de cette reconstitution historique provient de la diversité des documents utilisés par des sciences aussi diverses que la photogrammétrie, la géologie, l'histoire ou la physique atomique. Ces différents documents sont successifs dans le temps, comme ils sont souvent juxtaposés dans l'espace. Etudions d'abord leur période d'occurence, avant de nous interroger sur leur valeur spatiale.

Les profils topographiques répétés et comparables ne sont guère pratiqués que sur des secteurs particuliers (Pertuis de Maumusson, in M. TESSON, 1973), et depuis quelques années seulement ; seules de rares plages, comme Chatelaillon en font couramment l'objet.

Les documents les plus fréquents et les plus récents sont les photographies aériennes. Elles constituent en principe un document fiable, «objectif» et indispensable ; toutefois leurs caractéristiques géométriques, type de projection et «échelle», différentes de celles des cartes topographiques donnent lieu à un report manuel des tracés et une étude qualitative ; il est possible d'établir des orthophotoplans et de passer à des études quantitatives.

Les cartes topographiques plongent davantage dans le passé. Sur la région, avant la couverture à 1/25.000 réalisée en 1965, existaient à la même échelle des cartes allemandes et la carte à 1/80.000, levée par l'Etat-Major et publiée en 1850. Auparavant, d'après l'étude critique menée par C. PASSERAT (1910) et M.A. VANNEREAU (1962) les cartes de C. MASSE (1652 - 1737) levées entre 1688 et 1712 (R. FAILLE, 1971) peuvent seules être considérées comme fiables ; la carte de CASSINI contient des erreurs. Parmi les cartes du XVIIème siècle, on peut utiliser les cartes du Chevalier de CLERVILLE, de SAINTE COLOMBE et de LA FAVOLIERE. Manuscrites et conservées en Archives, ces différentes cartes sont établies à des échelles variables et utilisent des projections diverses. Sauf chez Cl. MASSE, la nature du tracé littoral est rarement précisée : ligne de basse mer, pleine mer moyenne, etc... De tels documents ne peuvent donc conduire qu'à des résultats approchés.

La période antérieure, du Xème au XVème siècle est celle des Cartulaires d'Abbayes. Les cartulaires de Notre Dame de Saintes et de la Trinité de Vendôme sont les plus importants ; ils furent publiés par C. METAIS (1893) ; A. PAWLOWSKI les utilisa, de 1901 à 1909, avec un bonheur inégal pour retracer «les transformations du littoral français», mais une lecture rapide des cartes existantes et une certaine tendance à l'imagination lui attirèrent les foudres de J. WELSCH (1926) et de P. VIDAL de LA BLACHE (1909, p. 156) qui écrivait : «il y a sans doute deux parties distinctes dans l'intéressante communication de M. PAWLOWSKI : une partie d'érudition, consistant dans le dépouillement des documents cartographiques, surtout des deux derniers siècles, et une partie qui reste malgré tout conjecturale, je veux dire la restitution géologique de l'ancien état». Au reste, ces textes sont d'emploi difficile : lorsqu'il s'agit de marais par exemple, il est rarement précisé s'il s'agit de marécage, de prise (polder), de sartière (schorre), voire de slikke. La toponymie employée peut ne pas avoir été conservée, même dans le cadastre, comme nous le verrons pour le nord-ouest du marais de Rochefort.

Le premier millénaire de notre ère est celui d'une absence quasi complète de documents dans le marais : peut-être ces derniers n'étaient-ils pas alors en état d'être exploités, puisqu'aucun document archéologique de cette époque n'y a encore été découvert. F. ARNAUD (1897) conteste que les «pavages» puissent être interprétés comme des traces de substruction d'une voie gallo-romaine à l'est du Chemin Charles ; les études archéologiques récentes n'ont pas mis en évidence de sites gallo-romains dans les marais mêmes (C. PERRICHET-THOMAS, C. GABET, M. FAVRE, 1975 ; M. TASSAUX, 1975). Avec cette époque s'effectue donc, pour la région, le passage à l'utilisation des documents archéologiques.

Les rivages des trois derniers siècles du millénaire précédant peuvent par contre être suivis grâce à l'archéologie. C. GABET a en effet inventorié une série de «sites à sel» datant de cette époque ; ces sites représentent la contribution la plus importante de l'archéologie à la chronologie du remblaiement du marais.

Les techniques de géomorphologie et de géologie prennent ensuite le relais pour l'exploration de la chronologie. L'étude par photographies aériennes de la géomorphologie, de l'extension de certaines anomalies pédologiques vérifiées sur le terrain, les sondages et leur analyse sédimentologique et paléontologique seront employés. L'étude géomorphographique, à l'aide de photographies aériennes, ne peut guère permettre d'établir qu'une chronologie relative : au pied d'une même falaise morte, un cordon littoral a de fortes chances d'être d'autant plus ancien qu'il est plus éloigné du rivage actuel ; dans la mesure où ces cordons littoraux représentent des stades particuliers dans le processus de remblaiement, un schéma temporel (en même temps que spatial) peut être proposé ; A. BRIQUET (1930) par exemple a appliqué cette méthode sur le littoral des Bas Champs de la Somme, et les études récentes ne semblent pas devoir démentir ses résultats.

L'analyse stratigraphique, mais surtout sédimentologique des sondages dans les marais permet de retracer l'évolution des environs du point d'implantation : la découverte d'un niveau de tourbe pourra être l'indice d'un milieu dulçaquicole, donc d'une interruption de la sédimentation marine ; la présence de niveaux sableux signifiera une énergie plus importante des agents de transport que lors du dépôt du bri encaissant ; l'existence de niveaux profonds plus résistants peut laisser penser qu'ils témoignent d'un tassement naturel, d'un «sol» (?) donc d'un arrêt de sédimentation - mais il peut aussi s'agir de «galets de vase», tombés d'une micro-falaise de schorre et enrobés dans le bri de la slikke. Des techniques moins frustes, par exemple des radiographies indiqueront des périodes de perturbations dans un processus de sédimentation que l'exploration granulométrique inviterait à considérer comme continu.

Toutes ces méthodes doivent être confrontées avec les résultats des analyses au Radiocarbone pour aboutir à

une datation absolue. La tendance actuelle est de multiplier les datations, dans la mesure de l'intérêt du problème et des moyens disponibles. En France, bien que G. DELIBRIAS et P. GIOT (1970) aient attiré l'attention sur «Inadéquation, hétérogénéité et contamination des échantillons soumis pour les datations radiocarbone», les échantillons font rarement l'objet d'une étude critique : mode de gisement, pertinence du témoignage pour le problème étudié, conservation et préparation, etc... D'autre part la radioactivité mesurée est rapportée à une chronologie exprimée de façon statistique : «l'âge exact a 66 % de chances d'être trouvé entre l'âge indiqué plus l'erreur, et l'âge indiqué moins l'erreur».

Lorsque ces techniques peuvent être mises en œuvre, elles permettent d'établir une chronologie vraisemblable ; sont-elles aussi adaptées à une étude spatiale ? La question vaut d'être posée, car les méthodes à caractère historique paraissent davantage développées que les méthodes spatiales, cartographiques. L'échelle spatio-temporelle où se situe cette étude impose un essai de reconstitution spatiale.

Les cartes, les photographies aériennes forment un premier groupe de documents intrinsèquement spatiaux, permettant d'établir, à différentes époques, des tracés successifs du littoral ; leur précision est parfois aléatoire : sur les littoraux sableux par exemple, le rivage peut être le sommet de la plage ou de la dune, dans les wadden, il peut s'agir de la dernière digue ou de la limite du schorre : la comparaison risque d'être approximative. De toutes façons, ces méthodes ne permettent que très localement de dépasser 1850 ou 1700 comme date la plus ancienne. Sur le littoral charentais pourtant, si les conquêtes sur la mer furent importantes depuis le XVIIIème siècle, le recul des falaises a sans doute beaucoup été exagéré.

Les chartes médiévales sont rarement assez précises pour servir d'argument cartographique : la toponymie est parfois difficile à reconnaître, même sur le cadastre. Ainsi A. DROUIN (1933 - 1941) cite-t-elle les toponymes de Agertius (974) Aiernus (976) Agernii (983) Aierno (985) Adgerniacus (986 et 999) qu'elle assimile à la Jarne (995), commune de La Jarrie ; mais Agère (commune de Ballon) se situe au centre des marais salants actifs au Xème siècle, alors que La Jarne est proche d'Angoulins où, dès cette époque (p. 308) on trouve des marais «vetera», vieux, en passe d'être abandonnés. Parfois cependant les limites de fiefs peuvent être identifiés, mais une telle précision est exceptionnelle (cf infra, p. 130 - 131).

Exceptionnelle aussi est la possibilité de cartographier l'extension de documents archéologiques, par nature dispersés et dont la découverte est à peu près toujours fortuite : les villas gallo-romaines par exemple n'ont rien de commun avec nos actuelles «marinas» et il serait vain de les solliciter pour attester un littoral ; tous les sites d'habitat proto-historiques ne peuvent être utilisés, mais la présence d'ateliers de récolte du sel est bien plus utile.

I - LES MÉTHODES HISTORIQUES
(A. DEMANGEON, 1905, A. BRIQUET, 1930)

Dans la mesure où la reconstitution d'un rivage s'apparente aux travaux historiques, la recherche d'éléments de datation retient l'attention. L'océanographie et la sédimentologie, la géomorphologie, l'archéologie, les textes anciens et la cartographie, et pour l'époque contemporaine les photographies aériennes sont mises à contribution ; en Charente Maritime, les documents archéologiques et les cartes anciennes ont été les plus sollicités.

1) Intérêt de l'archéologie *(figure 41)*

a) Les dolmens

Parmi les dolmens charentais remontant au Néolithique (5000 à 1500 BC environ), quelques-uns sont situés près du rivage actuel (Ors, au Chateau d'Oléron) ou recouverts en partie par le bri (Chateauroux, à Tonnay Charente). Ils peuvent donc être retenus pour jalonner d'éventuels changements dans la configuration du littoral.

A Ors, près du pont d'Oléron existent un dolmen et un affutoir, l'un et l'autre appelés «palet de Gargantua». L'affutoir est un bloc siliceux gisant sur l'estran déjà recouvert par les marées à la fin du XIXème siècle (A. BOISSELIER, 1893). Distant d'une dizaine de mètres, le dolmen d'Ors comporte piliers et table : il a paru «être posé sur un tertre artificiel» à J. WELSCH (1914, p. 197) ; L. PAPY (1941, p. 144) précise qu'il est «placé sur un affleurement de calcaire cénomanien qui ne dépasse pas le niveau de l'argile à scrobiculaires». Il était «presqu'entièrement enterré dans un ancien cordon littoral de galets calcaires» en 1893 ; le cordon était presque totalement érodé en 1941 ; ce dolmen serait situé de nos jours sur la plage. Pour L. PAPY, il fut érigé «au bord de la mer, à l'abri d'une digue ou d'un cordon littoral et un simple changement dans le régime des marées et des courants a pu amener la destruction d'une partie de la station». Les fouilles archéologiques révèlent, sur l'estran actuel, des habitats attribués à la civilisation de «Peu Richard», vers 2500 BC (C. GABET, 1958 ; M. ROUVREAU in R. FRIDMAN, 1969, p. 117) et semblent confirmer l'interprétation de L. PAPY. Pourtant, ceci ne signifie pas obligatoirement que le niveau marin soit resté stable depuis l'époque néolithique, comme l'affirmait J. WELSCH (1914, p. 196).

Le dolmen de Chateauroux à Tonnay Charente (C. BURNET et C. GABET, 1966) reposait sur des calcaires kimméridgiens, recouverts par 0,80 m de bri : l'envahissement par le bri est donc postérieur à l'érection du dolmen, datée de l'époque néolithique. A la différence d'Ors, il n'existe pas de témoignages d'un cordon littoral qui aurait pu protéger ce site des fortes marées : ce dolmen est donc antérieur à la fin du comblement du marais de Rochefort.

On ne possède généralement aucun argument pour situer l'emplacement des dolmens par rapport à la ligne de rivage à l'époque de leur érection ; il est cependant tout à fait vraisemblable qu'ils ne furent pas édifiés sur l'estran, mais on ne peut être plus précis. Les dolmens de la Sauzaie (J.P. PAUTREAU et coll. 1974), naguère situés à l'emplacement des Etablissements Militaires de Soubise, ceux de Charras (ou de Chartres) à Saint-Laurent-de-la-Prée sont installés entre 4 et 15 m d'altitude : leur emplacement ne semble pas avoir été choisi en fonction d'un quelconque littoral.

Il n'en est pas de même pour les sites à sel protohistoriques. On sait en effet que les marais du centre-ouest furent naguère essentiellement consacrés à la récolte du sel (A.DROUIN, 1933 - 1941; L. PAPY, 1941). L'opinion courante est que la technique du marais salant

Figure 41 :

Dolmens et sites à sel («briquetages») sur le littoral charentais

fut une importation romaine, un bienfait de la colonisation. Cependant le besoin de sel existait bien avant l'ère chrétienne ; les archéologues avaient en d'autres contrées mis au jour des sites sur lesquels on procédait à l'évaporation de l'eau de mer pour recueillir le sel ; P. GOULETQUER (1970) a ainsi étudié les «briquetages» de l'Armorique.

b) Les «sites à sel» (figures 41 et 42)

En Saintonge, depuis 1965, la Société de Géographie de Rochefort, a répertorié près de quatre-vingts «sites à sel», datés pour la plupart de l'âge du Fer, époque de la Tène, et situés à la périphérie des marais de Rochefort, d'Arvert, de Saint-Augustin, puis de Brouage. Ces sites couvrent des surfaces variant de quelques mètres carrés à plusieurs centaines de mètres carrés ; on y trouve de nombreux débris d'une poterie rouge à dégraissant sableux : des tessons minces de 3 à 5 mm très nombreux, de gros cylindres de 3 à 4 cm de diamètre et une dizaine de centimètres de hauteur, présentant un renflement aux deux extrémités : nous avons pu observer de tels vestiges en affleurement à Etaules, à Muron, à Yves sur des sites découverts au cours de prospections, ou signalés par C. GABET. Ces débris reposent sur le bri marin au-dessus duquel ils dessinent (Etaules, Brèze, Treize-Oeufs) une légère éminence, parfois en continuité topographique remarquable avec la limite continentale du marais sur laquelle ils empiètent souvent. Un site classique est celui de la Petite Aiguille, commune de Thairé, au nord du marais de Rochefort : des niveaux de tessons de poteries, cendres et trois niveaux de piétinement atteignent près de 2,50 m d'épaisseur et couvrent près d'un hectare. Selon C. GABET (1969, p. 123), le site, établi sur le côteau s'est étendu progressivement sur le marais ; il repose sur le bri, qui atteint ici l'altitude de 1,80 m NGF. Ce bri d'une épaisseur de 1,20 m repose sur une argile claire à passées jaunâtres, parfois marneuse, compacte à 0,50 cm NGF (arrêt du sondage). La base du bri gris-bleu comporte, emballant des éléments calcaires, un bri noirâtre tout à fait courant dans les horizons inférieurs des bordures continentales du marais. La carte *(figure 41)* des emplacements des «sites-à-sel» charentais montre leur situation en bordure de limites continentales des marais ou des cordons littoraux, à l'exception du site des Petites Grèves à Ciré d'Aunis. Datant vraisemblablement de l'Age du Fer, ils indiquent qu'à cette époque, la mer avait atteint la périphérie des marais*.

En réalité, ces sites à sel sont hétérochrones : les datations obtenues par la céramique varient de l'Hallstatt, - premier Age du Fer - soit 500 av. JC, au 1er siècle av. JC. (amphore républicaine de la Petite Aiguille) ; leur âge est confirmé par diverses autres trouvailles (perle bleue de La Tène III, d'après J.P. MOHEN, in C. GABET, 1973 a, p. 63), ou des datations au radiocarbone : GIF 1558 : 2050 ± 110 BP pour une couche de charbons de bois de la Petite Aiguille ; GIF 794 : 2450 ±110 BP pour des vestiges «hallstatiens» recueillis près du niveau 0 du Nivellement Général à Chalezac, commune de Chaillevette. Des tessons de céramique gallo-romaine récoltés sur le site de Ludène (Loiré les Marais) laissent à penser qu'une «exploitation de sel très épisodique» aurait pu se poursuivre au début de la période historique (C. PERRICHET-THOMAS, C. GABET, M. FAVRE, 1975, p. 227).

D'autre part, la localisation de sites en bordure du continent signifie-t-elle que la mer atteignait la bordure actuelle des marais (sauf peut-être au sud-est du bassin de Rochefort où aucun site à sel n'a encore été découvert) ? Les sites en bordure des îles (l'Ileau, à Ciré, Ludène à Loiré) furent-ils exploités uniquement par les habitants des îles, ou bien ces dernières étaient-elles reliées au continent ? Pour l'île d'Albe, le fait est probable, car les sites à sel encadrent un isthme entre cette île et Muron, mais l'Ileau et Ludène devaient déjà être insulaires. Le site des Petites Grèves ** par contre repose sur le bri à près de cinq cents mètres d'un quelconque rivage rocheux ; l'étude des clichés infrarouge contrôlée sur le terrain a montré qu'il était établi près d'un chenal de marée aujourd'hui comblé. *Ce dernier site confirme donc que le tracé du littoral à l'époque proto-historique correspondait, à quelques centaines de mètres près au maximum, aux bordures continentales actuelles des marais. Cette interprétation rejoint les hypothèses de P. GOULETQUER (1970, pp. 17, 128).*

Enfin, l'épaisseur des déblais renseigne sur la durée d'utilisation du site : un ou deux siècles généralement, cinq à six pour les sites les plus spectaculaires. A la Petite Aiguille comme au Bois Souchot (marais de Brouage) la céramique se rencontre aussi bien sur le bas du coteau argilo-sableux que sur le marais ; au Bois Souchot, un marais salant a été creusé sur le site protohistorique : on retrouve, dans le bossis, un niveau de céramique de La Tène.

Ces différents témoignages permettent donc d'identifier, à la fin de l'époque gauloise, une ligne de rivage qui frangeait la bordure continentale du marais. La présence de sites sur le coteau, et/ou à cheval sur le coteau et le marais suggère que la mer commençait à se retirer vers l'ouest dans les cinq premiers siècles avant notre ère puisque les sites de coteau semblent les plus anciens (Vème siècle) et certains sites des îles bordières plus récents.***

Les sites à sel ne fournissent pas seulement des arguments pour le tracé du littoral ; ils s'insèrent parmi les documents utilisables pour jalonner la remontée du niveau marin, et leur fréquence même rend encore plus précieux leurs témoignages.

Les nivellements effectués à la Petite Aiguille et au Bois Souchot ont montré que le niveau du bri supportant le site à sel était de 1,80 à 2 m N G F ; lorsque le bri se mêle aux dépôts inférieurs du site, il ne le fossilise guère que sur 20 à 30 cm. Ceci signifie que la mer a continué à monter après le début de l'exploitation salicole. Le phénomène est probable à l'île d'Albe, où le bri recouvre en partie les sites ; mais en général, et à la Petite Aiguille, au Bois Souchot, aux Mathes, par exemple, la cote du bri sous le site et dans le pré voisin est la même.

L'archéologie ne permet pas d'établir si ces différents gisements sont strictement contemporains ; des tessons de céramique ont été broyés par le piétinement et alternent souvent avec des «couches d'incendie» : l'exploitation a pu tasser le bri au-dessous du site de quel-

* Sites connus au 1er janvier 1979 ;
M. GABET et Mme C. PERRICHET-THOMAS, ont bien voulu contrôler cette carte ; nous les en remercions.

** comme celui du Petit Fourchis à Muron.

*** L'étude systématique du matériel reste à faire ; les piliers «en trompette» ou tripodes qui ont pu être recueillis peuvent être contemporains (P. GOULETQUER, 1970) ; des arguments morphologiques permettent de formuler l'hypothèse que les sites sur le marais sont vraisemblablement plus récents.

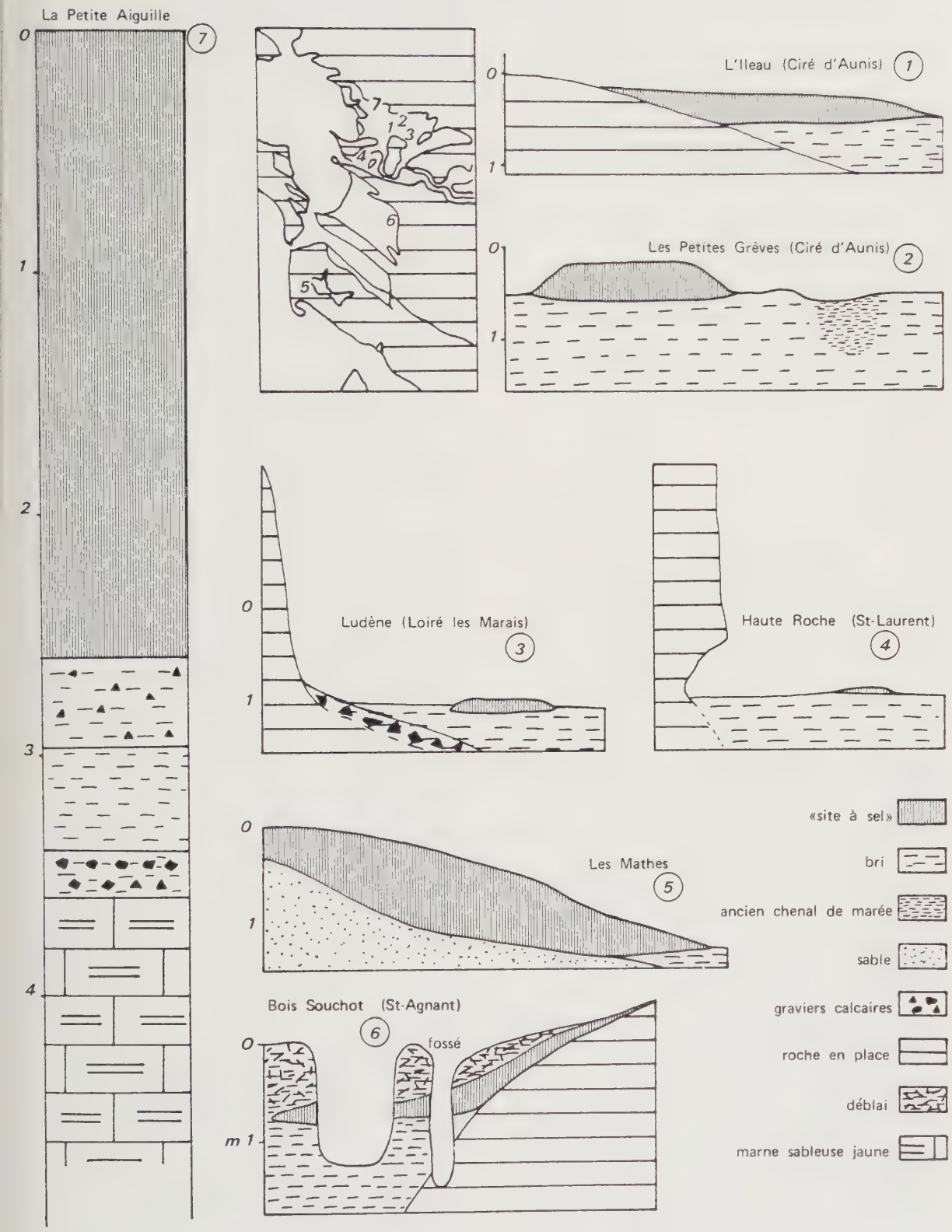


Figure 42 :

Situations et coupes de quelques «sites à sel» charentais

ques centimètres, les grandes marées y apporter des sédiments. Le bri «hors site» a pu ensuite se tasser à une époque postérieure, en relation avec les travaux d'assainissement par exemple *(figure 42)*. Probable pour les Petites Grèves, ce phénomène a peu joué là où l'épaisseur du bri est mince : 20 cm au Bois Souchot, 30 cm à Etaules, 60 cm à Treize-Oeufs.

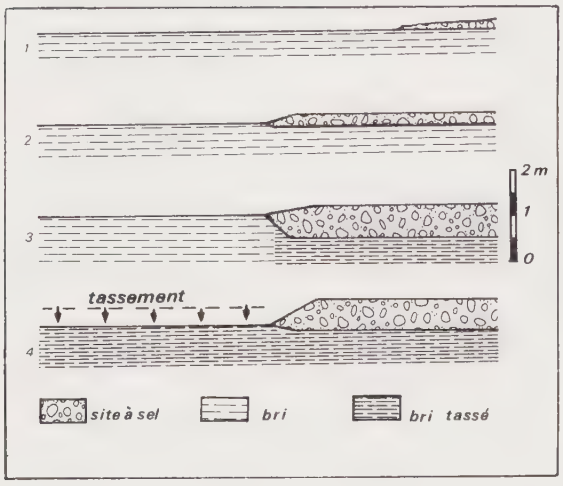


Figure 43 :

Site à sel et altitude du marais
1. installation de l'exploitation salicole
2. début du tassement
3. tassement du bri sous le site
4. tassement du bri dû à l'endiguement

Les sites à sel, dont l'exploitation s'étale du Vème au 1er siècle avant J.C. permettent de formuler les hypothèses suivantes :

- la ligne de rivage proto-historique est proche de la limite continentale des marais dans le marais de Rochefort, sauf au sud-est où les sites n'existent pas et dans les marais de Saint-Augustin où un site repose sur du sable dunaire en bordure du marais.

- les sites les plus anciens (?) pourraient avoir été établis sur les coteaux (Les Collants, la Petite Aiguille, 150 à 50 av. J.C.) ; ensuite une descente se serait effectuée sur le schorre (la Petite Aiguille, Muron, le Bois Souchot, etc...) ou au pied d'une falaise (Ile d'Albe, Haute Roche, Ludène). Enfin, le site des Petites Grèves, en plein marais, pourrait être plus tardif.

- certains sites auraient été envahis par la mer : à Brèze (C. GABET, 1976 a, p. 258) on observe des fragments de céramique mélangés au bri sur 30 cm d'épaisseur et des tessons roulés seraient recouverts de bri sous une couche archéologique de 2 m d'épaisseur datant de La Tène (C. PERRICHET-THOMAS, comm. pers.) ; les sites près de l'Ile d'Albe et surtout à Piédemont (C. GABET, P. DAVID, 1975 a, p. 182) sont entièrement recouverts par le bri. Malheureusement la céramique découverte à Piédemont ne permet pas, à ce jour, une datation suffisamment précise.

Quelle est la valeur de tels documents archéologiques en géomorphologie littorale ? Il faut observer que seule la recherche archéologique menée avec le souci de l'espace géographique a permis de retrouver près de quatre-vingts témoignages, dont l'accumulation emporte l'adhésion en ce qui concerne la localisation d'une ligne de rivage à la fin de l'Age du Fer. Localement, ces sites sont parfois associés à des dépôts organiques : à la Petite Aiguille mais aussi au Bois Souchot, où nos sondages ont rencontré en bordure du continent des sédiments noirâtres liquides, vase tourbeuse déposée dans une dépression, ancien exutoire des sources situées au contact entre les niveaux sableux et argileux du Crétacé inférieur voisin ; les débris de l'exploitation du sel ont pu ici créer une contrepente derrière laquelle se seraient accumulées ces vases actuellement recouvertes de bri.

On ne peut pas exclure complètement l'installation de sites à sel en bordure de chenaux du schorre qui auraient été entretenus et calibrés, comme le furent plus tard ceux des marais salants. Cela semble probable à l'est du marais de Brouage (Bois Souchot) où l'on rencontre des fragments roulés de poterie à faible distance, de part et d'autre de l'embouchure de la Gère, au nord du marais de Rochefort, et enfin aux Petites Grèves. Le tracé précis de la ligne de rivage est hypothétique, et des datations plus précises que celles permises par la céramique pourraient indiquer si les sites de Saint-Crépin à l'est du marais de Rochefort ou de la Gère sont contemporains ou plutôt antérieurs aux sites découverts à Ciré d'Aunis (nord-ouest), Muron, ou près de Tonnay-Charente * .

Enfin l'absence de sites à sel ne signifie pas toujours l'absence de schorre en bordure des îles comme à Breuil-Magné et Rochefort. A côté des inévitables lacunes de la prospection dans des prairies permanentes, une telle absence peut être mise en relation avec la faiblesse du peuplement et l'isolement, n'entraînant pas l'extension et la persistance d'exploitations de caractère forcément artisanal. A contrario, de nombreux sites à sel ont été découverts à proximité du Gué Charrau sur la Gère (Muron) dans cette partie interne du marais de Rochefort où les prospections effectuées par M. FAVRE ont été particulièrement denses.

La plupart des sites reposent sur le bri, à des altitudes très voisines de celle du plafond de colmatage actuellement observable dans le marais, au moins pour les sites récents. Des débris de céramique, de la taille des sables grossiers, souvent bien roulés, se rencontrent aux environs ; M. GERMANEAU (communiqué par C. GABET) note : «cela indiquerait que l'installation des ateliers sur le rivage serait antérieure au dépôt de bri» après avoir analysé un sable récolté au fond du fossé de Mouillepieds qui ceinture au nord le marais de Voutron (site de la Petite Aiguille). Ce fossé reprend un ancien chenal de marée ouvert aux houles d'ouest, où les céramiques apportées par les sauniers ont pu être remaniées jusqu'à former des grains roulés . De tels grains d'argile rouge cuite ont été rencontrés de nombreuses fois lors de sondages à proximité de sites connus : Etaules, le Bois Souchot, etc... : un simple remaniement par la mer sur un schorre suffit à émousser les minuscules éclats de céramiques sans qu'il soit nécessaire d'en faire un site à sel fossilisé dans le bri.

Les recherches menées sur les sites à sel saintongeais ont montré qu'ils comprenaient des débris de céramique domestique grossière, à décor ongulé ou digité, remontant à la première moitié de La Tène (Brèze, Petite

* Si beaucoup de sites à sel sont connus, quatre seulement ont été étudiés avant 1975 : Port Coutard, Brèze, La Petite Aiguille, Ludène (C. GABET, 1976 a, p. 255).

Aiguille) et/ou de la céramique plus fine, tournée, peignée ou lissée, associée à la fin de l'époque de La Tène. Malheureusement la stratigraphie de ces gisements est insuffisamment précise pour pouvoir affirmer que les sites les plus anciens, installés sur le coteau sont descendus progressivement sur le marais ; la faible dispersion des tessons autour des sites suggère que l'exploitation a pu accompagner un haut niveau et le début d'une régression, mais pas une transgression. Toutefois, la position du site à sel par rapport aux niveaux des pleines mers de l'époque n'est pas assurée : on peut envisager trois hypothèses :

- une exploitation temporaire, sur un schorre assez élevé, à l'abri des pleines mers d'été ; mais les pleines mers recouvrant en hiver le schorre devraient avoir dispersé les tessons de céramique : c'est sans doute ainsi que s'expliqueraient les tessons roulés découverts à Brèze et à la Petite Aiguille.
- une exploitation en bordure de la mer, à quelques décimètres au moins au-dessus du niveau des pleines mers de vive eau exceptionnelles. Dans cette hypothèse, la descente des sites sur le bri peut signifier que le niveau de ces pleines mers baissait au cours de l'époque de La Tène, que ce dernier phénomène soit lié aux progrès du colmatage, ou à une baisse du niveau moyen de la mer.
- une exploitation située non loin de l'eau de mer et à l'abri des fortes marées. En Indonésie et au Sénégal, selon P. GOULETQUER,* chez certaines populations recueillant le sel par des méthodes voisines, les enfants et les femmes vont chercher l'eau de mer à plusieurs dizaines de mètres du «site-à-sel» dont l'emplacement jalonne approximativement le littoral, tout en étant à l'abri des plus hautes mers. Le déplacement de tels sites peut n'avoir aucun rapport avec les variations du niveau moyen de la mer. Enfin rien ne prouve que les sites à sel charentais descendus sur le marais n'étaient pas protégés par quelques levées ; les sites en partie enfouis dans le bri du Petit Fourchis et des Petites Grèves pourraient s'expliquer ainsi. Dans cette dernière hypothèse, l'utilisation des sites à sel pour jalonner une oscillation du niveau de la mer est fort délicate.

Dans la mesure où la connaissance de la position des sites à sel par rapport aux niveaux de la mer à l'époque de La Tène reste largement conjecturale (C. PERRICHET-THOMAS, 1978 ; D. PRIGENT, 1978), on ne peut guère que présenter des hypothèses concernant le niveau moyen de la mer aux derniers siècles avant l'ère chrétienne.

La chronologie des sites à sel n'est pas suffisamment précise pour permettre d'attester de façon certaine un mouvement vertical du niveau marin. L'existence de sites sur le coteau, en bordure du marais, sur le marais, voire immergés dans le bri paraît indiquer que certaines installations sont contemporaines d'un haut niveau marin ; la faible dispersion des tessons autour de chaque site suggère que la récolte du sel sur les sites observés s'est effectuée dans une ambiance générale de régression : une transgression n'aurait pas manqué de disperser ces amas de débris friables (cendres, charbons de bois), assez légers (tessons broyés) voire d'émousser les angles comme on l'observe parfois (C. GABET, 1973 a, p. 57).

* cité par C. PERRICHET-THOMAS, comm. pers.

Au cours de cette régression, l'exploitation serait descendue du coteau vers la bordure du schorre puis vers les chenaux de marée pour être ensuite abandonnée. Dans cette hypothèse, la présence de sites plus anciens, datés de l'Hallstatt par C. GABET (1971 e, p. 266) et recouverts de sédiments marins signifierait qu'un haut niveau de la mer, très voisin de l'actuel, a pris place au début de l'époque de La Tène. Au cours de la régression qui a suivi, la végétation a progressivement envahi les sites abandonnés et les aurait protégés d'une dispersion lors des hauts niveaux marins postérieurs... à moins que ces derniers n'aient pas atteint le niveau des schorres de La Tène (?).

Ainsi, la découverte des sites à sel permet de retrouver le tracé d'un littoral qui, dans les derniers siècles avant J.C. était proche de la bordure continentale du marais : au premier siècle avant J.C. la mer commence à quitter les parages internes des marais. Par contre l'interprétation des sites à sel en tant que témoin de variations verticales du niveau de la mer est beaucoup plus conjecturale.

c) Autres témoignages

A côté des sites à sel, de nombreux autres objets ont été rencontrés en sondage ou lors des fouilles nécessitées par la construction d'écluses ou de bassins portuaires.

POLONY (1885) fait état de la découverte d'«un bois de cerf, un tibia de cerf, un os iliaque de cerf, une tête de bœuf, une mâchoire inférieure, un fémur, deux vertèbres et une omoplate de bœuf, et un fémur d'homme», à l'écluse de Biard «enfouis sous le dépôt alluvial de vase marine (bri) à une profondeur de trois à quatre mètres ; une «magnifique hache en silex poli a été trouvée en 1875, dans la rue Martrou (à Rochefort), lors de la canalisation des conduites d'eau» ; elle est rapportée à la phase la plus ancienne de l'Age du Bronze ; divers objets furent trouvés à l'emplacement de l'actuel bassin nº 3 du port de Rochefort : «vase en terre non cuite..., extrêmité d'os en voie de silicification... débris pétrifié de racine ou de bois de cerf...» ; il signale, à 17 m de profondeur, des débris de coquilles marines et de fragments de bois «à la hauteur où les alluvions marines de bri font place à des couches sablonneuses mélangées de roches en fragments, qui caractérisent l'existence d'anciens rivages».

Si ces différents objets ont été véritablement abandonnés sur un littoral, ils attestent des niveaux marins situés vers - 17 m, - 3 m à - 4 m, et x m (hache polie) au-dessous de la cote actuelle du colmatage, nulle part précisée. Le matériel le mieux daté (hache polie, début de l'Age du Bronze, vers 3000 avant J.C.) est celui dont le gisement est le plus mal connu.

Au cours des prospections pour les levés de cartes géologiques, ni A. BOISSELIER ni J. WELSCH ne font état d'aucun document archéologique autre que les dolmens. C. GABET, par contre, s'est attaché à rassembler et à faire dater la plupart des matériaux récoltés en une vingtaine d'années *(tableau 15)*. Les objets recueillis dans les fouilles et les sondages reposent généralement sur un fond rocheux, recouvert de graviers, galets, sables et coquillages souvent brisés, assimilés le plus souvent à un ancien littoral.

A Tonnay-Charente par exemple (GIF 2244) des coquillages ont été recueillis dans un milieu sablo-vaseux,

N°	Echantillon	Commune	Lieudit	Altitude NGF en m	Age B.P.	Nature échantillon	«Inventeur»
1	GIF 793	TONNAY CHARENTE	Cabane Pourrie (1960)	− 9	4520 ± 140	bois fossile	C. GABET, 1970
2	GIF 794	CHAILLEVETTE	Chalezac	0	2450 ± 110	bois fossile	C. GABET, 1971 a
3	GIF 1271	TRIZAY	Le Pont de l'Abbaye	1,70	2050 ± 110	tourbe	C. GABET, 1971 b, d
4	GIF 1329	DOLUS	Ors	1	4070 ± 120	charbon de bois	C: GABET, inédit
5	GIF 1330	DOLUS	Ors	1	4080 ± 120	charbon de bois	C. GABET, inédit
6	GIF 1558	THAIRE	La Petite Aiguille		2050 ± 120	charbon de bois	C. GABET, 1971d, 1973c
7	GIF 2128	ST JEAN D'ANGLE	La Jonchère	2,20	850 ± 90	coquillages	R. REGRAIN
8	GIF 2129	ST JEAN D'ANGLE	La Jonchère	2 m	1100 ± 90	bois d'orme	R. REGRAIN
9	GIF 2244	TONNAY CHARENTE	Asturonia I	- 3,50	3380 ± 110	coquillages	C. GABET, 1972b, 1973c
10	GIF 2555	LES MATHES	Le Margueret	- 6 m	4290 ± 120	coquillages	C. GABET, 1973 b
11	GIF 2679	DOLUS	La Perroche	- 3,50	3600 ± 100	tourbe	C. GABET, 1974
12	GIF 2680	DOLUS	La Perroche	- 4,50	4920 ± 100	tourbe	C. GABET, 1974
13	GIF 2987	TONNAY CHARENTE	Asturonia II	- 9 m	3660 ± 110	coquilles	C. GABET, 1977
14	GIF 3382	ST GEORGES D'OLÉRON	La Moulinade		2880 ± 100	coquillages	C. GABET, 1977
15	GIF 3383	ST GEORGES D'OLÉRON	Le Thomassin	- 3,80	2040 ± 90	tourbe	C. GABET, inédit
16	GIF 3550	PORT DES BARQUES	Piédemont	- 0,50	4290 ± 110	bois fossile	C. GABET, inédit
17	GIF 3755	ROCHEFORT	Corderie	- 33	≥30000	tourbe sableuse	C. GABET, inédit
18	GIF 3756	ROCHEFORT	Vielle Forme	- 21,40	3530 ± 110	coquillages	C. GABET, inédit
19	GIF 3757	HIERS-BROUAGE	Pont sur le Havre	- 20	2770 ± 100	coquillages	C. GABET, inédit
20	GIF 3758	HIERS-BROUAGE	Pont sur le Havre	- 23	1790 ± 100	coquillages	C. GABET, inédit
21	GIF 3856	MOEZE	Plaisance Est	2,80	1150 ± 90	coquillages	R. REGRAIN
22	GIF 3857	YVES	Les Fontaines S.	0	1280 ± 90	coquillages	R. REGRAIN
23	GIF 3858	MOEZE	Pont de Brouage	- 28,50	5460 ± 120	coquillages	R. REGRAIN
24	GIF 3936	CHATELAILLON	N. Angoute	1,20	700 ± 90	coquillages	R. REGRAIN
25	GIF 3937	ST AGNANT	Malconche	1,20	actuel	coquillages	R. REGRAIN
26	GIF 3938	YVES	Le Dauphin	1,80	1230 ± 100	coquillages	R. REGRAIN
27	MC 2156	MARENNES	La Plage	3,20	(340 ± 60)	coquillages	R. REGRAIN
28	MC 2157	MURON	Bois d'Arlais	1,00	2400 ± 80	Cardium	R. REGRAIN
29	MC 2158	BOURCEFRANC	Nancras	0,90	900 ± 70	Cardium	R. REGRAIN
30	GIF 4497	FOURAS	Soumard	3,6	2650 ± 100	coquillages	R. REGRAIN
31	GIF 4498	ST NAZAINE	Lupin	2,4	1390 ± 90	coquillages	R. REGRAIN
32		HIERS-BROUAGE	Pt de Brouage	- 15 à 22	2770 ± 100	coquillages	J.P. PLATEL P. MOREAU, 1977,p.27
33	LY 1042	MURON	Les Courtins	11,70	8380 ± 250	tourbe	B. BOURGUEIL BRGM, inédit
34	LY 1043	MURON	Les Courtins	13,80	8140 ± 330	tourbe	B. BOURGUEIL BRGM, inédit

Tableau 15 :
Datations C_{14} dans les Marais Charentais

à 6,50 mètres sous le marais, dont la cote est estimée à - 3 mètres N.G.F. (Nivellement Général de la France) * . L'altitude des coquillages est donc - 3,50 m N.G.F., soit 0,19 mètre par rapport au Zéro CM (ou Zéro des Cartes Marines) de La Rochelle.

L'utilisation de cette datation pour retracer un mouvement du niveau marin suppose que le gisement des coquillages soit lui-même en rapport avec un niveau de marée singulier, par exemple un haut de plage à proximité d'un cordon littoral. Elle suppose d'autre part qu'il existe un rapport constant entre le gisement et le niveau moyen de la mer désigné par «a». C. GABET estime que ces coquilles proviennent d'anciennes plages (et qu'elles ont été déposées «à une altitude d'un demi marnage au-dessus du niveau marin de l'époque»). Or les cotes des hauts de plage de Chatelaillon par exemple se situent vers 4 à 5 mètres CM et atteignent 8 mètres CM près des épis ; ces altitudes correspondent aux niveaux des pleines mers de marées moyennes à La Rochelle (4,80 m CM), les pleines mers exceptionnelles atteignant 6,56 m le niveau moyen se trouvant à 3,69 m (et 3,84 m CM depuis 1977).

Si l'on suppose que ces coquilles ont été déposées vers 5 m au-dessus du niveau marin (cote des hauts de plage actuels), et que cette cote était aussi celle des hauts de plage de l'époque (distance «a»), le niveau

*voir au lexique et p. 236 la définition des Zéros de référence.

marin devait être à 5 m au-dessous de la cote du gisement, soit vers 0,19 m - 5 m = - 4,81 m CM (ou vers - 3,5 m - 5 m = -8,5 m NGF, ce dernier étant situé à 3,69 m au-dessous du Zéro CM de La Rochelle). Mais si ce dépôt est une laisse de pleine mer de vive eau exceptionnelle, le niveau moyen de la mer correspondant était situé à plus de 3 m au-dessous de la cote du gisement, soit vers 6,50 m N.G.F. Grande est donc l'incertitude sur le niveau moyen que l'on peut déduire de cette mesure ! Ajoutons que ces calculs supposent que les niveaux de marée soient les mêmes à La Rochelle et à Rochefort, ce qui n'est pas exact, et que le marnage n'ait pas sensiblement varié au cours des temps. Même si l'on dispose de plus de données sur la biocenose qui a fait l'objet des datations, le problème n'est pas pour autant résolu. Ainsi l'échantillon GIF 2987 recueilli à - 9 mètres N.G.F. attesterait, dans des conditions de gisements identiques, un niveau marin situé aux alentours de - 10,30 mètres (haut de plage) ou de - 9 mètres (schorre). L'analyse de ces coquillages gracieusement effectuée par G. DOREL pour C. GABET montre des huîtres de toutes tailles, les petites étant dentelées et brisées, les plus grosses souvent perforées : elles appartiendraient à «une faune plutôt marine mais littorale, (mais) il est difficile de dire s'il s'agit d'une faune de plage (cordon littoral) ou de chenal». Pour M. BREBION (communiqué par M. TERS), il pourrait s'agir aussi d'une «thanatocoenose, avec mélange d'espèces d'herbier et franchement marines» dont les conditions originelles de gisement ne peuvent être précisées. On saisit là une des difficultés de l'utilisation des datations obtenues sur des coquillages pour retracer l'évolution des niveaux marins. *

2) Les documents cartographiques

Les cartes de l'époque moderne ont fait l'objet d'analyse critique par Ch. PASSERAT, qui a relevé des erreurs sur les cartes de CASSINI (1910, p. 157). Seules ont trouvé grâce à ses yeux les cartes de Cl. MASSE, géographe ordinaire du Roy (1652-1737) et secondairement les cartes du Chevalier de CLERVILLE, de SAINTE-COLOMBE et de La FAVOLIERE. La restitution de ces cartes sur fond issu des cartes de l'I.G.N. est donc un exercice tentant.

Malheureusement, les différences de projection et d'échelle, les problèmes de mesures sur les cartes anciennes font que les coïncidences entre points connus sont souvent fortuites. Quand bien même ces documents sont-ils superposables se pose le problème de la définition du trait de côte, résumé dans le *tableau 16 :*

Carte	Nature du trait de côte
Carte IGN 1/50000	isohypse 0 NGF / isobathe 0 CM pied de digue ou falaise
Carte d'Etat Major 1/80000	limite du schorre limite de basse mer
Cartes de CASSINI	pied de digue
Cartes de MASSE	pied de digue ou de falaise limite du schorre limite de basse mer

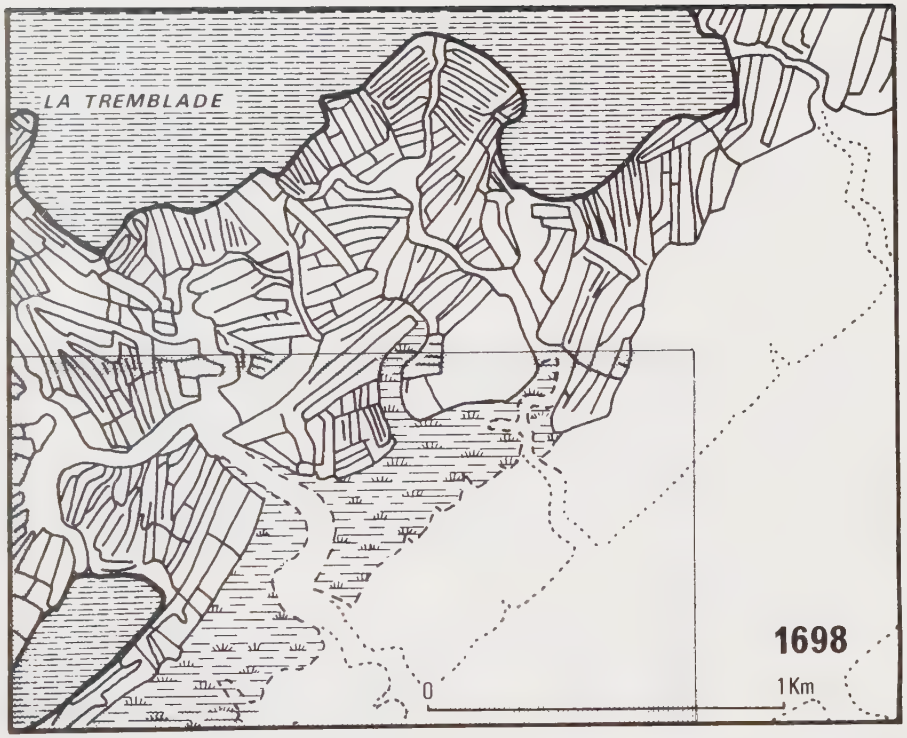
Tableau 16 :
Nature du trait de côte sur différentes cartes

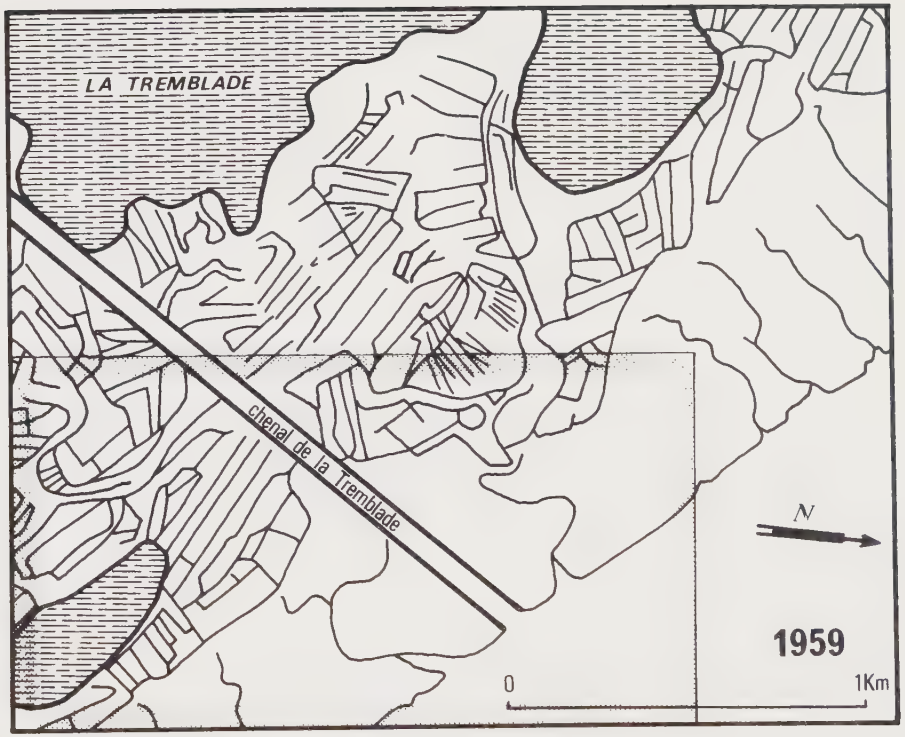
Si ces différentes limites sont peu éloignées sur une côte à falaises, elles peuvent être très distantes là où l'estran est particulièrement développé : 3 à 4 km en baie d'Yves et en face de Brouage. Pour le littoral charentais, la comparaison des cartes anciennes et récentes ne permet généralement que d'établir un canevas général d'évolution.

C. GABET (1969, p. 180) a fourni une carte du littoral du marais de Brouage au XVIIIème siècle et de nos jours, en reportant la carte de MASSE (intitulée «Carte du Havre et des marais salans de Brouage représentés de basse mer») sur la carte de l'I.G.N. à 1/25000 : le pied de digue et la ligne de basse mer ont été figurés ; la carte *(figure 44)* montre que les conquêtes sur la mer se sont effectuées surtout à l'ouest et au sud-ouest de Brouage, alors que la ligne de basse mer a davantage reculé vers l'ouest au nord-ouest de cette ville. Bien qu'imprécise, cette tentative montre que, là où les changements de tracé sont sensibles, la comparaison de cartes peut être intéressante.

Néanmoins, elle ne saurait être effectuée qu'avec des cartes «fiables», c'est-à-dire peu erronées, au prix de déformations inévitables, et rester un exercice préliminaire. La région de La Tremblade a fait l'objet d'un relevé par Cl. MASSE. Le **«Plan du bourg de La Tremblade**, *dans l'isle d'alver, aux costes de Saintonge proche de la Seudre où l'on a marqué les marais salans qui sont entre ce bourg et la rivière, pour donner une idée en gros de la manière que sont disposées les salines qui sont plus détaillées au plan particulier qui accompagne celui-ci, aussi bien que les mémoires qui expliquent de la manière que se fabrique le sel. Le plan a été levé en 1698...».* Ce plan peut être comparé, par la netteté de son dessin, aux levés modernes (carte à 1/25000 de l'I.G.N.) et aux photos aériennes, particulièrement au cliché FR-760/150 - 1234. La ligne de rivage est triple : «partie de la rivière de la Seudre représentée en basse mer» ; «prez marécageus qui linondent toutes les malines» où l'on peut identifier le schorre, marais salants enfin et limite de la terre ferme *(figure 45-1)*. L'échelle du plan de 1698, 600 toises pour 137 mm, est

* c'est d'ailleurs un problème classique sur lequel le récent symposium NIVMER vient opportunément d'attirer l'attention ; la discussion sera reprise lors de l'étude systématique des indices de variation du niveau marin, p. 316 - 322.





terre ferme

marais salants, fonctionnels ou non

"prez marécageus" (schorre)

ligne de basse mer

Figure 45 :

Évolution du rivage au nord de La Tremblade

1. d'après la carte au 1/25.000 : état en 1959
2. d'après Cl. MASSE, en 1698
3. Essai de superposition partielle

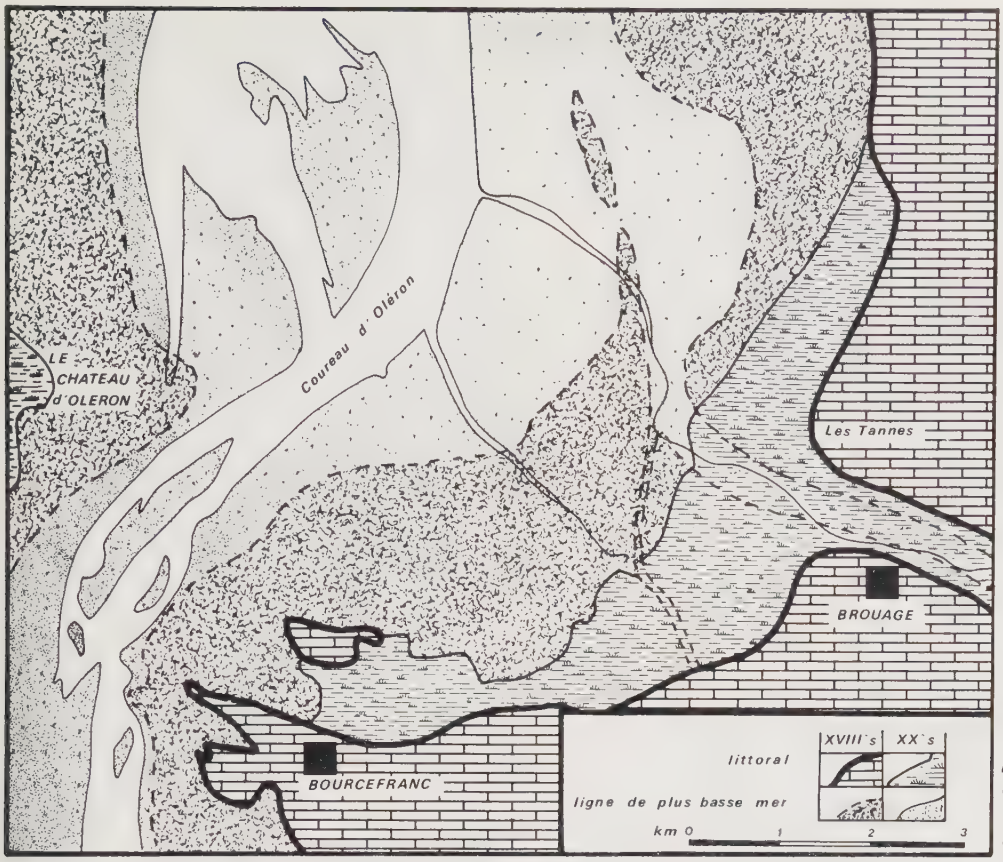


Figure 44 :
Évolution des lignes du rivage du marais de Brouage
d'après GABET, 1969

d'environ 1/10000.

On observe que la limite des marais salants n'a pas varié sensiblement dans ce secteur depuis 1698, à l'exception du canal de La Tremblade et d'une prise à l'ouest du chenal de Putet : on a porté sur la *figure 45-3* la ligne du schorre en 1698, telle qu'on peut l'inférer d'après MASSE : il va sans dire que le tracé présenté est très approximatif : on a pris pour l'établir des perpendiculaires au tracé des bosses de marais salant, reportées au mieux sur le fond à 1/25000 ème.

3) L'étude des textes anciens

La première mention de salines charentaises figurerait dans une donation que fit Dagobert en 634 à l'abbaye de Saint Denis. Des domaines confisqués aux enfants de Sadregresille, duc d'Aquitaine consistaient «en terres assises tant en Anjou qu'en Poitou, et aux Maremnes pour le fait de salines» (ARCERE, I, 21). La localisation n'en est pas précisée.

Dans certains textes médiévaux par contre, les limites des marais sont plus précises : ainsi le Cartulaire de la Trinité de Vendôme décrit-il en ces termes les marais dépendant du prieuré de Montierneuf en 1485-1495 (C. METAIS, 1893) : *«Du Port de la Tonnelle, lequel port est au-dedans de ladite terre de Montierneuf rendant tout le long de ladite terre doulce de Saint Fort jusqu'au chemin par lequel on va et vient de Saint Fort à Mallaigre et d'iceluy chemin passant entre les marays salans de ladite seigneurie de Mallaigre et les marais de ladite seigneurie de Montierneuf, descendant en ladite chenal de la Tonnelle, lequel chenal descend en la Grant chenal de Goullias, et d'icelle descendant en la grant chenal de Saint-Aigues et d'icelle montant jusques auprès de la Fontaines Charles...»* où l'on reconnaît les limites communales actuelles de Saint-Agnant (R. REGRAIN, 1971 a, pp. 241-243). Au XIIIème siècle, il est fait mention, près de l'île de Malaigre «d'une sartière qui est près d'un jas qui est appelé le jas Levesque», mais le cadastre ne permet pas de localiser ce jas (D. d'AUSSY, 1879, p. 231). En 1498, eut lieu une enquête pour délimiter les baronnies de Royan et d'Arvert. Ce texte, publié par P. MARCHEGAY (1877) a été signalé par C. GABET (1970, p. 37) ; un des témoins parle de l'anse de Saint Augustin parcourue par un chenal appelé riveau, barré par les sables : il a vu *«la dicte anse et le dit riveau en leur estre ancien par avant qu'ils fussent remplis de sable et dit que le dit riveau les navires de la Gironde entraient dedans la dicte anse qui estoit fort parfonde et spacieuse et en laquelle se retiroient les navires par malice de temps ou de tormente... Et dit que au moïen des dits sables qui ont rempli les ditz ruisseau et anse s'est fait et causé un nouveau ruisseau qui part de l'Ayve de Sallebeuf...»*. Ce texte tout à fait exceptionnel permet donc de savoir que les marais de Saint Augustin et d'Arvert ont été isolés par les sables au XVème siècle et que les navires d'alors pouvaient se réfugier dans cette baie : un caractère particulier de ces marais, leur altitude modeste se trouve ainsi éclairé. (cf. infra, p. 219).

Des reconstitutions partielles ont déjà été tentées (A. PAWLOWSKI, 1902 à 1909 ; A. DROUIN, 1933 à 1941 ; L. PAPY, 1935 et 1941 ; C. GABET, 1969), mais la documentation est insuffisante ; rarement précis, les textes anciens ne permettent pas de reconstituer une carte, sauf exceptions. On ne comprend pas alors l'acharnement des discussions érudites concernant la localisa-

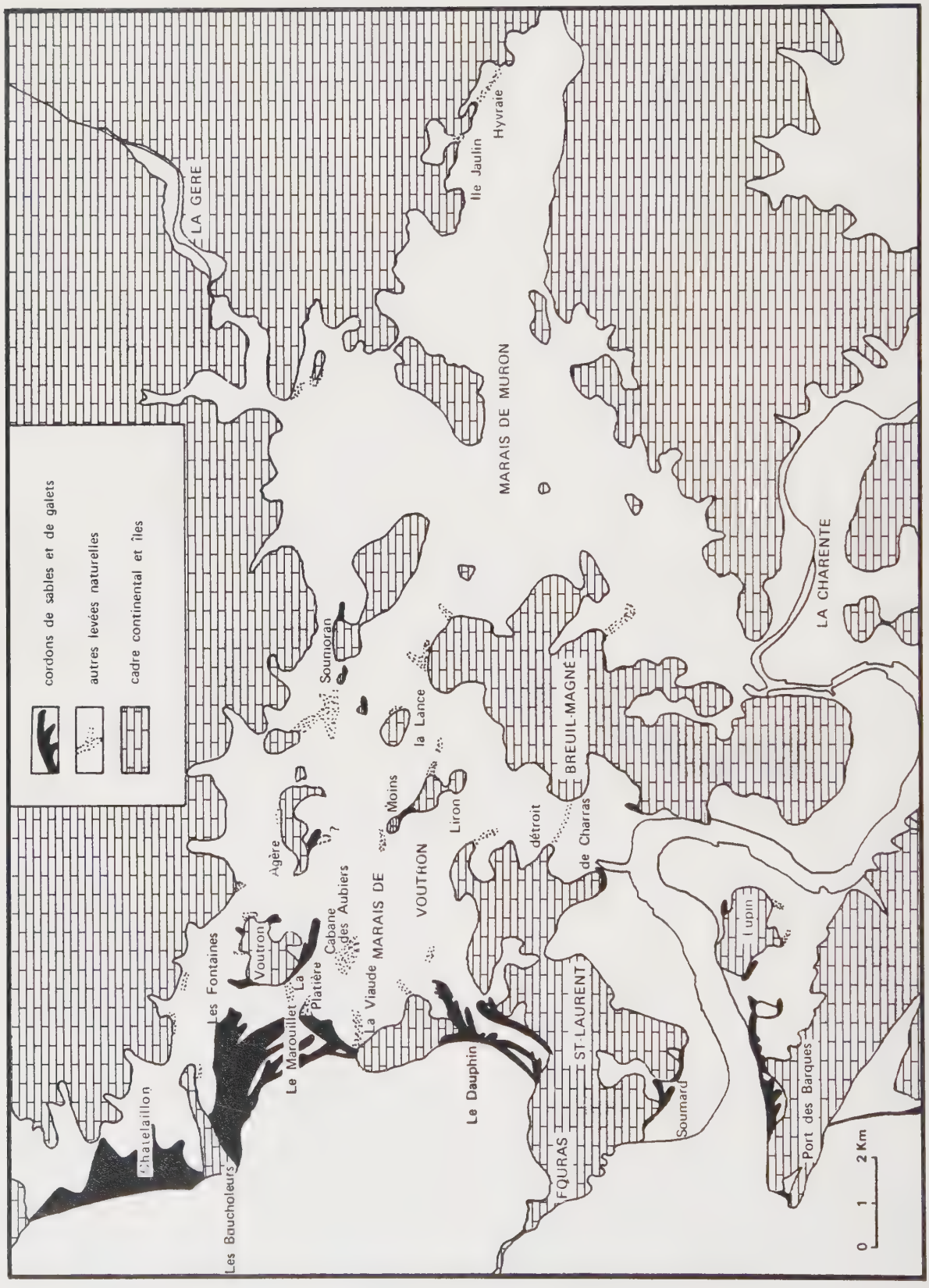


Figure 46 :

Anomalies topographiques et cordons littoraux du Marais de Rochefort

tion du «Portus Santonum». Rochebonne, l'estuaire de la Gironde, Chassiron, l'embouchure de la Seudre, le golfe de Brouage (Broue ou Pointe du Ras), l'embouchure de la Charente étant tour à tour retenus, à partir des coordonnées de Ptolémée. On sait que A. BERTHELOT (1933) démontra à l'encontre de DERANCOURT (1930) le caractère hypothétique des travaux d'après Ptolémée, puisque ce dernier n'indique que des distances entre points, et non des angles. H. PINEAU (1970) a repris la question et considère que la «côte atlantique était bien connue des navigateurs, et les amers repérés depuis la plus haute Antiquité» (p. 79) ; il établit (p. 73) que le Pertuis de Maumusson existait à l'époque romaine et qu'il était navigable, alors que Cl. MASSE rapporte que selon la tradition, un étroit chenal, «facile à traverser à basse mer et barré par un moulin» séparait Arvert d'Oléron. Sur ce point particulier, il est bien difficile de se faire une opinion en l'absence d'autres documents.

Reconstituer un tracé littoral à partir de documents archéologiques ou même de textes est donc une tâche le plus souvent décevante. Pour le littoral étudié, il faut attendre les XVIIème et XVIIIème siècles pour que les textes et surtout les cartes puissent donner une idée des atterrissements. Au delà, on est réduit à des hypothèses jusqu'à l'époque gauloise qui fut celle des sites à sel, attestant un rivage avec une précision tout à fait inconnue à d'autres époques. En deçà et au delà de l'époque gauloise, il est nécessaire de faire appel aux méthodes classiques de la Géomorphologie et de la Géologie du Quaternaire.

II - LES SÉQUENCES CHRONO-SPATIALES DE CORDONS LITTORAUX

Les méthodes géomorphologiques d'étude des variations du trait de côte relèvent des études sur le terrain (A. BRIQUET, 1930 ; A. GUILCHER, 1948) et des études de laboratoire. Il ne sera ici question que des méthodes «planimétriques», par comparaison de cartes et examen stéréoscopique des photographies aériennes, contrôlé sur le terrain.

La topographie des marais maritimes a conservé des traces d'anciennes lignes de rivage. Ainsi, A. BOISSELIER (1885) avait reconnu le cordon de Soumard à l'embouchure de la Charente, les cordons du Marouillet, portés sur la 1ère édition de la carte géologique ; J. WELSCH (1904) en avait découvert à l'est de Port des Barques, à Plordonnier, en Seudre, aux Mathes. Depuis on s'était borné à discuter l'interprétation de quelques cordons (J. WELSCH, 1914 ; L. PAPY, 1941). A. BOISSELIER (1885) avait montré l'existence d'un cordon de galets recouvert de bri dans le Marais Poitevin et G.WATERLOT (1938 b) avait publié une carte des cordons dans le même marais ; cette carte a pu être complétée lors de l'établissement de la carte géologique à 1/50000 (F. VERGER, J.P. BARUSSEAU, J. DUCLOUX, J. GABILLY, 1975). P. BOURGUEIL et P. MOREAU (1972) ont présenté la première carte d'ensemble pour le marais de Rochefort.

Les photographies aériennes sont l'un des moyens les plus efficaces pour retrouver les traces d'anciens rivages dans les marais maritimes, à condition bien évidemment que ces traces puissent s'individualiser au-dessus du niveau du bri : l'étude stéréoscopique des clichés aériens permet de préparer une carte des anomalies altimétriques qui peuvent correspondre à des cordons littoraux, carte à vérifier sur le terrain au moyen de sondages et de coupes. Un cordon littoral peut se définir par des facteurs intrinsèques, par ses profils en long ou en travers, la nature, la forme et la disposition des éléments le composant : l'analyse stéréoscopique des photographies aériennes permet d'observer quelques-uns de ces facteurs.

Un cordon littoral se définit aussi par des facteurs extrinsèques, liés à l'environnement : les cordons sont presque toujours attachés à un ancien littoral (falaise morte par exemple) qui les alimentait en galets ou en sables, bien que leur racine puisse avoir été érodée au cours de l'évolution, être moins élevée que leur extrémité distale, parfois recouverte de bri ; le cordon a pu être aussi tronçonné par des tempêtes, et apparaître discontinu. Les cordons littoraux occupent deux types de position, selon qu'ils se déposent longitudinalement ou perpendiculairement aux houles dominantes : A. GUILCHER (1954), J.P. PINOT (1963, 1968) et C.A.M. KING (1972) en ont décrit les catégories principales que l'on retrouve dans le marais de Rochefort *(figure 46)* :

- les flèches en position de fuite sont fréquentes à la bordure nord du marais de Muron : leur faible ampleur témoigne d'une faible alimentation en sables et galets ainsi que de courants peu importants. On en trouve aussi au nord-est de Saint Laurent, à l'est de Voutron où elles sont très mal développées.

- les accumulations d'entrée de baie, en position de fuite sont les plus répandues, à l'ouest de Voutron (la Tirée au nord, la Platière au sud), encadrant la presqu'île des Boucholeurs - Angoute (cordon de Chatelaillon-sud et des Fontaines), l'îlot d'Yves (vers le Marouillet au nord et le Dauphin au sud), l'îlot de Saint-Laurent de Fouras, le cap de Port-des-Barques ou le détroit de Charras.

- les cordons perpendiculaires aux houles dominantes, entre Liron et Moins * dans le marais de Voutron, ou les cordons qui ferment la baie de Marouillet et l'anse du Dauphin, sont beaucoup plus rares ; ces derniers n'ont d'ailleurs pas atteint leur position d'équilibre.

Les deux premières catégories témoignent de conditions générales d'abri, la dernière se met en place dans un environnement plus agité. S'il semble exister une tendance naturelle des plages à se disposer en fonction de la direction du fetch maximum et de la résultante des vents (A. SCHOU, 1945 *in* C.A.M. KING, 1972, p. 365), l'insertion dans le bri s'est réalisée à tous les stades de cette évolution : il n'existe donc guère de direction préférentielle pour les flèches de sables et de galets qui en faciliterait la reconnaissance sur photographies aériennes.

L'identification des anciens cordons littoraux sur photographies aériennes est donc fondée sur des critères topographiques, existence d'un micro-relief, et morphologiques : ce relief est généralement allongé, souvent proche d'une île (visible ou fossilisée), ou de la bordure.

D'autre part, les marais ayant été aménagés, il est possible que les ingénieurs aient appuyé leurs digues sur

* la position de ce cordon peut aussi résulter d'une queue de comète en arrière de Moins (houles du nord-ouest), évoluant en tombolo, réaménagée par des houles locales d'ouest et de sud-ouest.

ces cordons de sables ou de galets, qui seraient ainsi à l'origine d'anomalies dans leur tracé. L'emplacement des cabanes du marais peut aussi ne pas être quelconque : une éminence naturelle est souvent renforcée par des apports volontaires, comme les terpen aux Pays-Bas ou dans les Bas-Champs de Cayeux (F. VERGER, 1968, p. 417). Cette recherche des anomalies dans les aménagements humains est sans doute plus fructueuse dans les marais plus anciennement aménagés : on sait en effet que la technique «hollandaise» de dessèchement, reconnaissable à ses parcelles quadrangulaires, s'affranchit le plus possible des données naturelles, au moins dans le marais de Muron (R. REGRAIN, 1977 a, p.28).

La *figure 46* représente toutes les anomalies ainsi repérées au nord-ouest du Bassin de Rochefort, région particulièrement riche en îles. Lorsque ces anomalies sont accrochées aux îles existantes, elles peuvent être interprétées comme de possibles cordons littoraux ; lorsqu'elles sont isolées dans le marais (Cabane des Aubiers, la Viaude) il peut s'agir de cordons accrochés à quelque haut fond, de levées latérales de chenaux aujourd'hui comblés, de limites de séquences de schorres à disposition contraire comme on en observe dans la baie du Mont Saint Michel, de grèves coquillières de tempêtes ou encore d'anciens wantij comme au Péré dans le marais Breton. Des sondages à la tarière pédologique ont été effectués sur chacune de ces anomalies : on a ainsi pu identifier les véritables cordons littoraux. Dans les marais gâts, la carte des anomalies d'aménagement correspond souvent aux cordons littoraux : chemins très larges, limite entre prises, secteurs sans bassins sont autant d'indices possibles. Certains cordons littoraux n'ont pu être identifiés que sur le terrain : ils correspondaient à une bosse un peu plus élevée que les autres. On sait en effet (J. HURAULT, 1948 ; J. CARRE, 1969 ; S. PAUL, 1973) que si la vision stéréoscopique sépare bien des dénivelées localisées, elle est impuissante pour identifier les différences d'altitudes entre deux points éloignés, surtout si la dénivelée est modeste.

A partir de ces anciens cordons littoraux, dont un certain nombre d'échantillons ont pu être datés au 14 C*, des cartes anciennes, des plans cadastraux et des photographies aériennes, on peut retracer l'ampleur des variations du tracé du littoral, région par région.

1. Evolution du rivage dans le bassin de Rochefort.

La carte des cordons littoraux du marais de Rochefort *(figure 46)* a été établie suivant la méthode décrite ci-dessus**. Elle présente quelques variations par rapport à la récente carte géologique, établie dans une perspective différente.

Le bassin de Voutron est beaucoup plus riche en flèches littorales que le bassin de Muron. L'origine en est en partie géologique car les calcaires et marnes à *Exogyra virgula* qui forment l'essentiel des îles du bassin de Muron ne sont à l'origine d'un cordon littoral qu'entre Liron et Moins ; d'autre part, les conditions d'abri hydrodynamique régnant entre ces îles ont favorisé surtout la sédimentation fine : la plupart des matériaux issus de l'érosion des îles sont restés au pied des coteaux et falaises mortes, où ils constituent des collu-vions (P. BOURGUEIL et P. MOREAU, 1972). Dans le marais de Voutron les affleurements d'Oolite de Chatelaillon et de marnes du Rocher d'Yves sont souvent accompagnés de flèches littorales de galets issus de l'érosion des falaises, mais ces galets sont mélangés de sables provenant de la plate-forme continentale. Ainsi, alors que les sables dominent par exception à l'est près de l'île Jaulin, ils sont peu importants près d'Agère et de la Platière, dominent aux Fontaines et semblent moins importants en direction du littoral actuel dans le complexe de cordons de Marouillet. On retrouve des cordons sableux au nord de l'île de Saint Laurent-Fouras, alimentés sans doute par les sables cénomaniens, mais les galets frangent l'île d'Yves. Faut-il conclure que cette disposition spatiale marque une succession de périodes d'activité intense (galets), moyenne (sable) ou faible (vases) pour les agents littoraux ? il ne le semble pas, car les galets, les sables et le bri se déposent simultanément sur le littoral charentais, comme J. WELSCH (1914) l'avait précédemment noté. Au Marouillet, par exemple, si le cordon le plus interne est pour l'essentiel sableux, les cordons intermédiaires ne comportent que quelques galets : ils étaient naguère couverts de dunes ; le cordon actuel est localement assez riche en galets.

a) Les anomalies topographiques en relief dans le marais de Muron

Le «marais de Muron» est très pauvre en cordons littoraux, et les formes qui s'en rapprochent le plus sont composées essentiellement de colluvions remaniées par la mer. A l'île Jaulin et près d'Hyvraie, on trouve des sables fins jaunâtres et verdâtres, emballant parfois des cailloutis de calcaire oolithique, en bordure de l'île et aussi dans les sondages. Il s'agit de colluvions - incorporant éventuellement des sables peut-être cénomaniens -, très légèrement remaniées par la mer. A l'embouchure de la Gère ainsi qu'en arrière de Soumoran ou près de Breuil-Magné, des surélévations locales, en bordure du marais correspondent à de telles accumulations colluviales remaniées, plutôt qu'à de véritables accumulations littorales. Entre le «marais de Muron» et le «marais de Voutron», les accumulations littorales des Ileaux, entre la Lance et Soumoran, mêlent à des calcaires oolithiques faiblement émoussés quelques grains de sable. Une série de sondages réalisés en bordure sud de l'Ileau, à Ciré d'Aunis, ont ainsi montré sous 40 à 50 cm de bri, une couche de sable de 10 à 20 cm d'épaisseur, sans façonnement marin net ; près du site à sel, vers 120 à 125 cm de profondeur, une couche de sable avec quelques débris coquilliers et des grains de quartz non usés est interstratifiée dans le bri ; le faible volume de ces dépôts, leur faible façonnement marin incite à y voir plutôt des colluvions remaniées qu'un véritable cordon littoral. La transition entre un «marais de Muron» pauvre en accumulations sableuses et un «marais de Voutron» très riche en cordon littoraux s'effectue dans cette région : c'est l'abri créé par les îles du marais de Voutron qui a privé le marais de Muron de belles accumulations sableuses***.

Si l'observation des levées naturelles dans les marais est de peu d'utilité pour comprendre le colmatage de la partie orientale du bassin de Rochefort, la profusion de cordons littoraux dans la partie occidentale permet

* grâce à l'extrême obligeance de Mme DELIBRIAS et de Mr THOMMERET, que nous remercions bien sincèrement.

** Parallèlement, M. Ch. CAZABAT, du service de Télé-Interprétation de l'Institut Géographique National a réalisé une carte du même genre dans le secteur occidental : ses résultats et les nôtres, établis indépendamment, sont en exacte concordance.

*** un changement de rythme dans la transgression peut ne pas être exclu.

d'esquisser une chronologie relative du comblement du marais.

b) L'évolution du littoral entre Chatelaillon et le Rocher d'Yves.

L'étude diachronique du complexe de cordons de Marouillet a été facilitée par les travaux de réfection de la R.N. 137, effectués entre 1974 et 1976 ; nous avons pu prélever des coquillages, datés par le Radiocarbone. Le site à sel du Terrier Mouné, que nous avons découvert à l'extrêmité du cordon de la Platière, au sud de l'île de Voutron atteste un rivage à la fin de l'époque gauloise ; la «carte du 22ème carré d'Aunis», par Cl. MASSE donne l'état du rivage vers 1700 ; les textes d'archives sont assez nombreux sur cette partie du littoral ; les cartes récentes montrent l'évolution actuelle ; G. MATHIEU (1954) a proposé un schéma d'évolution, appuyé sur des affirmations dont l'authenticité est douteuse pour C. GABET (1976 - 1977).

Au 1er siècle av. J.C., un site à sel s'installe au sud de l'île de Voutron, sur un cordon littoral où les galets dominent : galets de calcaires oolithiques très aplatis. Aux VI-VIIème siècles de notre ère, des coquillages sont échoués sur du bri aux Fontaines ; ils seront fossilisés par un des cordons sableux de la zone interne du complexe du Marouillet (GIF 3857, 1280 ± 90 BP). A la même époque, les salines de Voutron apparaissent dans les textes (A. DROUIN, 1933 à 1941). En 1699, la carte de Cl. MASSE indique un «Chemin de La Rochelle» situé en haut de plage, bordé de dunes à l'Est, à l'emplacement actuel de la voie ferrée à l'ouest des Fontaines. L'avancée du littoral a donc été de l'ordre de 600 mètres en 4 à 5 siècles. Jusqu'en 1965, 630 autres mètres ont été gagnés dans la même direction, à une vitesse plus que doublée. En même temps, les flèches se prolongeaient en direction du Marouillet ; la flèche qui frangeait à l'ouest le «Chemin de La Rochelle» sur la carte de MASSE avait atteint le Marouillet au cours du

*voir figure 54 p.99

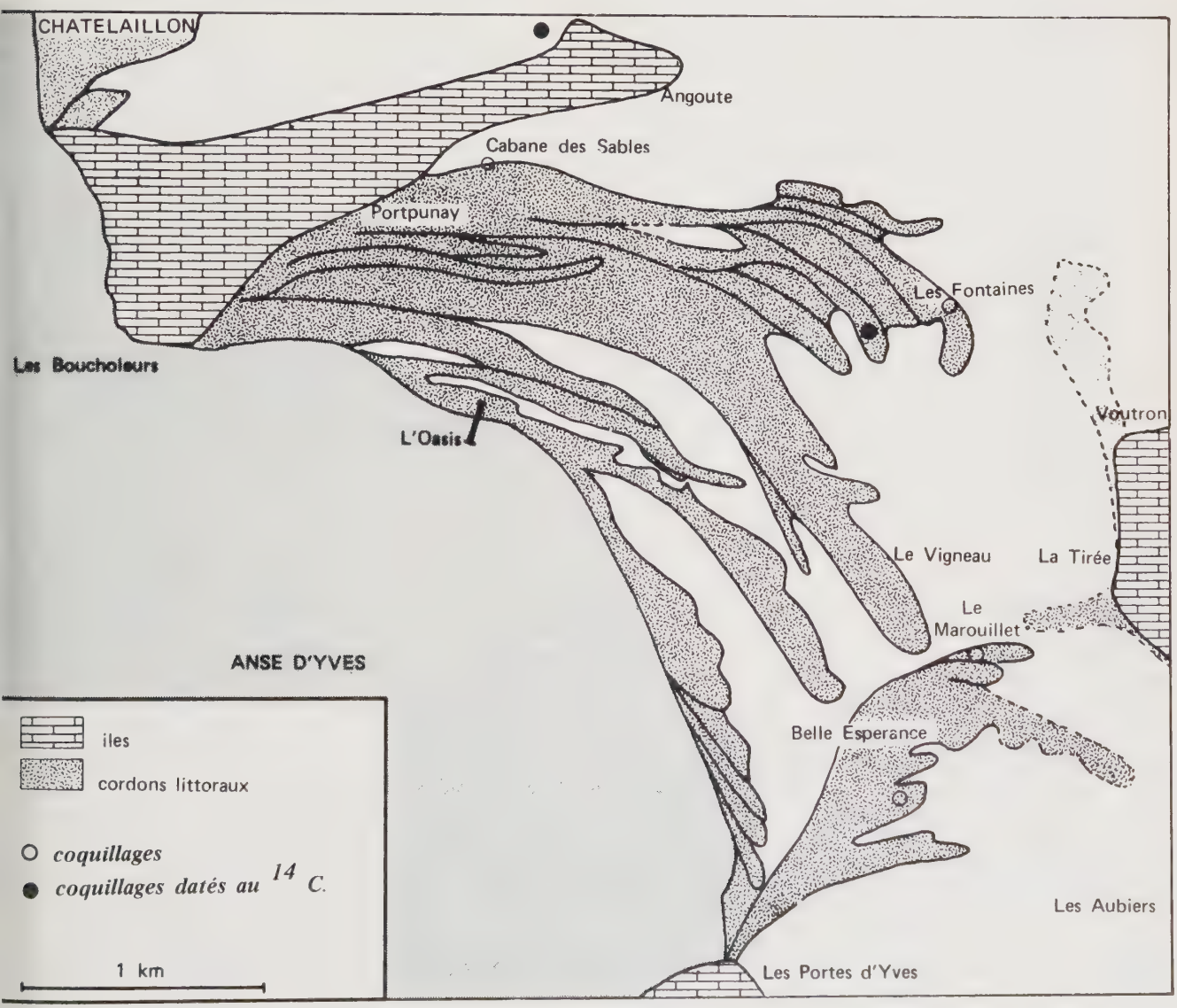


Figure 47 :
La cote à chênières du Marouillet

XVIIIème siècle ; la carte d'Etat Major (1850) * indique un rivage proche de l'actuel. Au XXème siècle, le cordon externe est parvenu à atteindre la racine d'une flèche issue du Rocher d'Yves et le terrain ainsi isolé de la mer a été endigué.

L'étude géomorphologique de cette côte à cordons sub-parallèles, côte de type gabonais de R. LEGOUX (1952) ou côte à chênières (R.J. RUSSELL, 1967) formée de flèches séparées par des dépressions argileuses n'a pu être menée avec la précision souhaitable car, si les travaux routiers ont permis d'observer des coupes, la recherche de matériaux de remblai a entraîné l'arasement des cordons dans le domaine des Fontaines ; par ailleurs certaines dépressions ont été comblées ou aménagées en claires près des Boucholeurs, leur étude géomorphologique est impossible.

L'étude stéréophotogrammétrique des missions de 1945, 1964 et 1974 a permis de retrouver les principaux axes de flèches littorales entre la presqu'île d'Angoute et Yves *(figure 47)*. Les flèches les plus internes apparaissent au nord-ouest de la Cabane des Sables, là où la falaise morte d'Angoute présente un décrochement vers le nord ; les flèches médianes courent de Portpunay au Marouillet, les flèches externes des Boucholeurs aux Portes d'Yves. Les flèches internes présentent une extrémité libre très épanouie (4 pointes établies sur 800 m) formée surtout de sables coquilliers avec quelques galets, alors que ces derniers sont plus abondants près de la racine des cordons. Les flèches de la zone médiane sont formées de sables sur la majeure partie de leur tracé mais leur racine est coupée par les flèches externes, remaniant le stock de galets qui devait appartenir à cette zone moyenne.

Le tracé de la côte actuelle montre bien le recoupement des racines des flèches de l'époque «moderne» (XVI-XVIIIème siècles) par le cordon actuel. La photographie aérienne (FR 760-150-P-520) montre sur l'estran les restes d'une flèche de galets qui occupait l'alignement Pointe des Boucholeurs - Le Vigneau et dont la partie située au nord de «l'Oasis» est disparue. Sur l'estran, des galets d'oolithe, assez gros (longueur de l'ordre de 10 à 15 cm), parfois recouverts d'algues, gisant adossés à la plage marquant le point d'inflexion du profil de la plage, correspondent à cette ancienne flèche *(figure 48)* dont les matériaux sont entraînés en direction des Portes d'Yves. Ce mouvement est récent puisque le littoral porté sur la carte d'Etat Major correspond à ce cordon ruiné ; le retrait atteint au maximum 150 m au sud de Portpunay, une cinquantaine de mètres face à l'Oasis jusqu'en 1965 ; des travaux de défense ont limité le recul du cordon mais les crochets visibles à l'Oasis en 1964 avaient disparu en 1976. Entre le Marouillet et Yves, c'est par contre près de 600 m qui ont été gagnés sur la mer depuis les levés de la carte d'Etat-Major (1850) ; la nouvelle flèche a isolé un schorre de 2 à 300 mètres de large à l'ouest de la digue de la Belle Espérance, établie vers 1922.

Cette tendance d'un ensemble de flèches fermant une baie à se disposer différemment au cours de leur évolution, comme pour être orthogonaux aux houles modales est classique, mais paraît être ici perturbée par l'évolution des cordons du Rocher d'Yves, et surtout le recul de la falaise des Boucholeurs (Cf. p. 93).

Dans cette région, les marais salants de Voutron étaient alimentés en eaux marines entre les flèches des Fontaines et de la Tirée, «flèches d'entrée de baie» dont la progression a contribué à accélérer le colmatage ; de la même façon, la progression de la flèche de Belle Espérance au sud et des flèches de la zone médiane au nord a entraîné le colmatage de l'exutoire des marais de Voutron et des Aubiers, que nous désignerons par «Havre du Marouillet». Ceci a parachevé la ruine des salines de Voutron, abandonnées dès le XIème siècle,... et entraîné la prospérité des marais salants de Brouage (A. PAWLOWSKI, 1904 ; A. DROUIN, 1933-1941 ; R. FAVREAU, *in litteris*).

Le Havre du Marouillet comblé, trois exutoires artificiels furent établis pour les marais de Voutron : au nord de Chatelaillon, au sud d'Angoute et tout près du Rocher d'Yves. Aux Portes d'Yves, l'entretien du chenal d'écoulement entraîna l'arrêt de la croissance du cordon de Belle Espérance et le stockage des galets au sud des

* *révisée en 1938.*

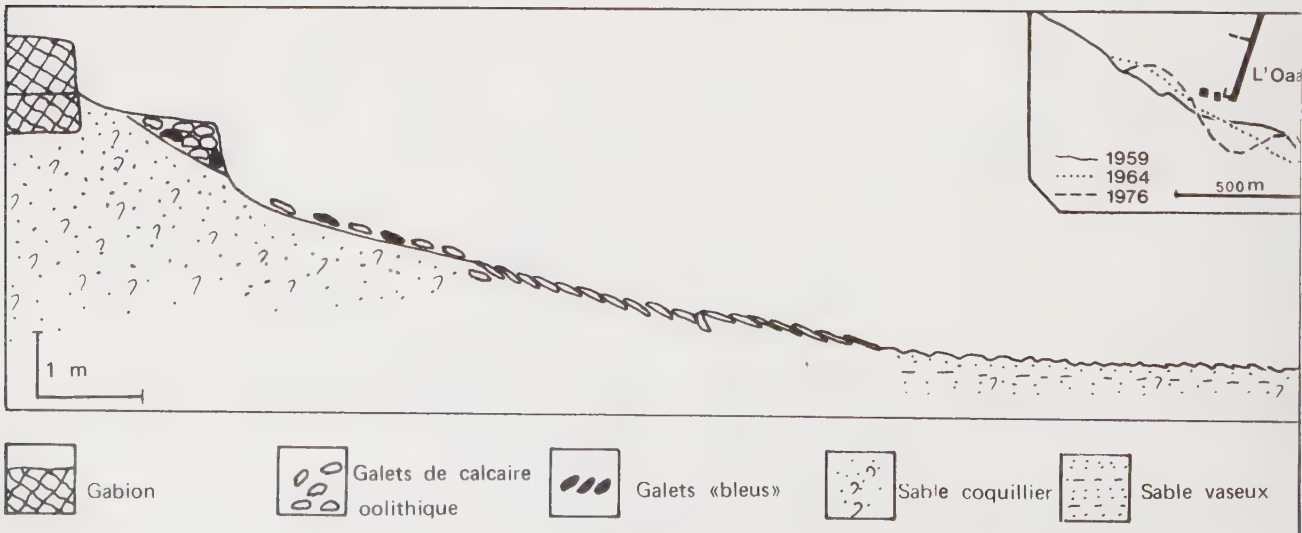


Figure 48 :
Profil synthétique de la plage de l'Oasis en avril 1976

Portes d'Yves : la flèche issue des Boucholeurs se trouvait donc seule à pouvoir barrer la baie du Marouillet grâce d'une part à la vigueur des houles de nord-ouest et de nord et d'autre part au recul de la falaise des Boucholeurs, qui permettait la dérive vers le sud des sables accumulés dans la région de Chatelaillon.

Au nord, la falaise des Boucholeurs termine la presqu'île d'Angoute ; depuis 1971, elle est en grande partie masquée par un mur de défense, mais M. CORLIEUX (1970) et surtout M. NORMAND (1970 et 1971) en ont laissé une description géologique précise (cf. supra, p. 27).

L'estran du Cornard a été étudié par G. MATHIEU (1954) dont le croquis de la *figure 49* reprend les principales conclusions ; un synclinal perché de calcaire oolithique formait l'ossature du haut fond du Cornard, bordé vers le nord par une faille au tracé est-ouest de 10 mètres de rejet. M. NORMAND (1971, p. 155), observant que le calcaire oolithique est entre 0 et 6 mètres dans la falaise et à une cote variant de 2 à 5 m au rocher du Cornard, formule l'hypothèse d'un accident tectonique, pli ou faille, d'orientation générale nord / sud avec affaissement d'une dizaine de mètres du compartiment ouest. L'observation de l'estran effectuée en octobre 1976 par marées de 114 et de 113, a montré que des dalles d'Oolithe de Chatelaillon présentent au Cornard une disposition de gouttière synclinale avec des pendages de l'ordre de 1 à 2 grades séparés par des dépressions de plusieurs centaines de mètres remplies de vases; les affleurements calcaires peuvent être interprétés comme des horsts. Par contre, si l'estran montre une disposition de type synclinal, c'est une ondulation anticlinale de quelques mètres de hauteur que montre la falaise des Boucholeurs : la présence d'un accident tectonique près de la falaise actuelle est donc tout à fait probable. La disposition grossièrement octogonale de certaines concessions ostréicoles a sans doute incité G. MATHIEU (1954, p. 350) à y voir un témoignage des fondations du château de Castel Allionis ; nous n'avons rien trouvé sur place qui puisse confirmer cette attribution *.

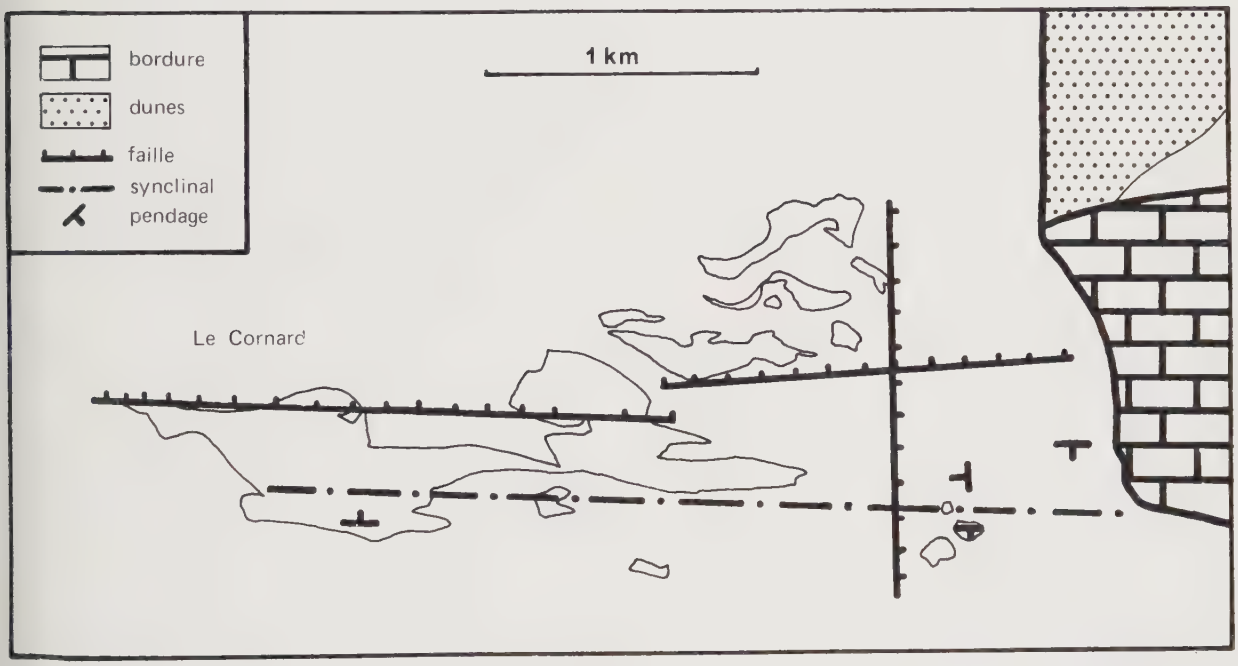


Figure 49 :

L'estran du Cornard
(d'après MATHIEU, 1957)

Le recul de la falaise des Boucholeurs semble avoir été beaucoup exagéré : son évaluation dépend de la position attribuée au Castrum Allionis, qui y était édifié. MASSE indique sur sa carte du 21ème Carré, sept points à quelques dizaines de mètres de la falaise d'alors avec cette légende : «vestige de la ville de Chatelaillon que l'on tient avoir été bastie par les romains et qui estait autre fois la principale de ses costes en 1680 il y avait encore s tourd a pnt toutz est ruiné». Pour G. MATHIEU (1954, p. 350), ce château se trouvait sur le rocher du Cornard, relié à la côte par un tombolo de sables et de galets, hypothèse fondée sur la nature du substrat et le fait qu'on y aurait trouvé des chapiteaux.

Récemment, C. GABET (1976-1977, p. 273), a situé ce château à l'emplacement indiqué par Cl. MASSE, à partir du réseau routier et de textes d'archives. Nous suivrons cette opinion, car il paraît tout à fait téméraire d'imaginer, surtout au Haut Moyen-Age, une forteresse installée sur une presqu'île à plus de 3 km du continent, sans bon port à proximité, et alors que l'économie régionale était exclusivement rurale ; si tel était le cas, Cl. MASSE eut sans doute signalé de telles ruines, ou que les vestiges portés sur la carte n'étaient pas en place.

La comparaison de la carte de MASSE avec les

* Il serait surprenant que les fondations d'un château situé sur une colline aient été suffisamment profondes (5 à 10 mètres) pour atteindre le niveau actuel de l'estran; selon A. de QUATREFAGES, 1853, p. 768, «en 1660 , sept tours qui faisaient jadis face à la cam pagne surplombaient encore la baie» furent emportées par «les tempêtes d'un seul hiver» ; en 1853 plus aucune trace n'en subsistait .

cartes actuelles *(figure 50)* permet de voir que le recul de cette falaise aurait été de l'ordre de 200 à 250 mètres entre 1700 et 1959 soit 0,2 m par an en moyenne, dans l'axe du chemin («raize batise») de Portpunay. LECLER (s.l.n.d.) indique 3 à 5 mètres de recul annuel mais situe le Castrum au Cornard. C. GABET, (1976, p. 274) indique 350 m au maximum depuis la carte de MASSE, soit 1,20 m par an.

Sur la carte d'Etat Major de La Rochelle à 1/80 000, 4 mm séparent la côte et le carrefour de l'abbaye des Camaldules soit 320 m vers 1850. En 1959 (carte à 1/50 000), il ne reste plus que 275 m : le recul serait donc d'une cinquantaine de mètres pendant le dernier siècle. Depuis 1973, (construction du mur de protection et des enrochements) la distance est ramenée à 250 mètres. Tout ceci indique un recul beaucoup moins catastrophique qu'on a bien voulu dire.

Le volume de rochers érodé depuis deux siècles trois quarts à l'ouest des Boucholeurs peut donc être estimé, en supposant une altitude moyenne de 10 mètres NGF, sur 800 m du nord au sud et 150 mètres de largeur moyenne, à environ 1 200 000 m^3 (116 800 m^2 par planimétrage) : les cordons du Vigneau (en partie) de Belle Espérance et des Portes d'Yves couvrant une surface de l'ordre de 1 850 000 m^2 ; pour une cote moyenne de l'ordre de 3,5 m NGF, leur volume sédimenté serait voisin de 6 500 000 m^3 au-dessus du zéro NGF. Les galets provenant de la presqu'île d'Angoute-Les Boucholeurs ne forment donc guère que 18 % du volume total. Même en tenant compte des galets de cordons anciens en équilibre avec d'autres positions de la falaise et de l'alimentation des cordons par le Rocher d'Yves, il apparaît que le recul de la Pointe des Boucholeurs ne doit pas être responsable de plus de la moitié du volume des cordons du Marouillet.

Le sable qui compose ces cordons provient donc pour sa partie non calcaire des sables moyens qui couvrent la plate-forme continentale et dont J.P. BARUSSEAU (1973, p. 78) a identifié des masses en mouvement au sud des rochers du Cornard, face aux Boucholeurs et surtout au sud à la Pointe du Chay. La comparaison de la carte de MASSE et des cartes actuelles permet d'estimer à 2 millions de mètres cubes au minimum le volume du sable disparu de la plage de Chatelaillon (on suppose qu'entre le haut de plage de 1698 et le pied des digues de 1959, 4 mètres de sables ont été enlevés pour une surface de l'ordre de 5 325 000 m^2, représentant un recul vers l'est de l'ordre de 120 à 200 m selon les endroits ; C. GABET (1976, p. 273) indique un recul de 80 m avant 1811 et de 80 m entre 1811 et 1959 au nord, 150 et 100 m au sud.

La méthode utilisée et les évaluations fournies sont certes très approximatives ; elles montrent néanmoins que la reprise des sables et le recul des falaises sont tout à fait insuffisants à expliquer les modifications du rivage : plus de la moitié des dépôts littoraux du Marouillet proviennent de la mer, et non du déplacement de volumes rocheux déjà en position littorale : la mer semble donc être ici productrice et non consommatrice de sables, contrairement à l'opinion de FERRONIERE (in A. GUILCHER, 1954, p. 54). Il est vrai que ces sables, remontés des fonds proches par les agents marins, sont pour l'essentiel d'origine continentale, J.P. BARUSSEAU (1967, p. 135) ayant montré la parenté minéralogique des sables de la Mer des Pertuis et des sables des alluvions de la Charente.

Sur le littoral du marais de Voutron, entre Fouras et Chatelaillon, les flèches de sables et de galets permettent d'observer la plupart des dispositions classiques de ce type d'accumulations, à l'exception des queues de comètes typiques (A. GUILCHER, 1950) sans doute enfouies sous le bri.

Les accumulations en position de fuite, longitudinales par rapport à la direction moyenne des houles dominantes sont bien représentées par la flèche du Terrier Mouné, dont la direction N 120° E est très voisine de celle des houles dominantes dans la Mer des Pertuis, canalisées par la côte méridionale de l'île de Ré : cette flèche est accrochée au saillant sud-est de l'île de Voutron. Cette direction a été imposée par les houles à une époque où la flèche de Belle Espérance n'existait pas.

La flèche du Terrier Mouné forme, avec celle de la Tirée, deux flèches en position de fuite de part et d'autre de la falaise occidentale de Voutron esquissant une double flèche en V, comme à Mousterlin (GUILCHER, 1948, p. 303), où les flèches sont plus frontales par rapport aux houles qu'à Voutron.

La flèche de la Tirée, mise en place par une dérive sud-nord, induite par les houles d'ouest et nord-ouest, s'est avancée en travers de la baie située au nord ; il est vraisemblable que les courants entraient dans cette baie par le sud et en ressortaient au jusant en longeant les flèches des Fontaines dont on comprend ainsi le crochet vers le sud-ouest, c'est-à-dire vers la mer et non vers l'intérieur, disposition usuelle des crochets terminant les accumulations marines (A. BRIQUET, 1930 a, p. 64).

La flèche du Terrier Mouné, mise en place à la fin de l'époque gauloise porte sur son revers une levée sableuse discontinue, parallèle au corps principal de la flèche ; la flèche des Fontaines *(figure 47)* présente la même anomalie ; par analogie avec le sillon du Talbert (J.P. PINOT, 1963, p. 13 sq ; 1968, p. 117) ces accumulations ont pu se former sous l'influence de houles locales de secteur est, alors qu'une vaste baie existait en arrière de ces flèches. Une alimentation en sables par des laisses de marées exceptionnelles, comme on en observe de nos jours en arrière de la Pointe d'Arçay par exemple est fort possible (F. VERGER, E. AUPHAN, C. MONIOT, 1971, F. VERGER, 1973 a, b). Ces particularités soulignent la remarquable séquence de formes existant à l'ouest du Marais de Rochefort.

Au sud de la presqu'île des Boucholeurs, pratiquement chaque irrégularité du tracé de la bordure sud a servi de racine à une flèche : le caractère périodique des flèches (tous les 50 à 80 m environ), leur obliquité par rapport au rivage et aux houles moyennes régionales peut permettre de les rapprocher des flèches de type «azovien» (ZENKOVITCH, 1967, p. 515). La flèche du Vigneau présente une concavité vers le sud-est, direction des orthogonales de houles diffractées sur les obstacles constitués par l'île d'Aix et les rivages nord de la presqu'île de Fouras. L'évolution de ces flèches a été perturbée par le recul de la Pointe des Boucholeurs. Il en est de même au Dauphin, où la flèche située dans l'alignement de la «falaise morte» du Dauphin possède un tracé est-ouest : la diffraction des houles du nord-ouest sur le cap sud du Rocher d'Yves, l'influence de houles locales émues par les vents d'ouest sont sans doute responsables de cette orientation qui est aussi celle des flèches immédiatement au sud de la presqu'île des Boucholeurs.

Le cas des cordons de Belle Espérance est tout à fait singulier et peut servir de transition entre les accumulations en position de fuite et les accumulations fron-

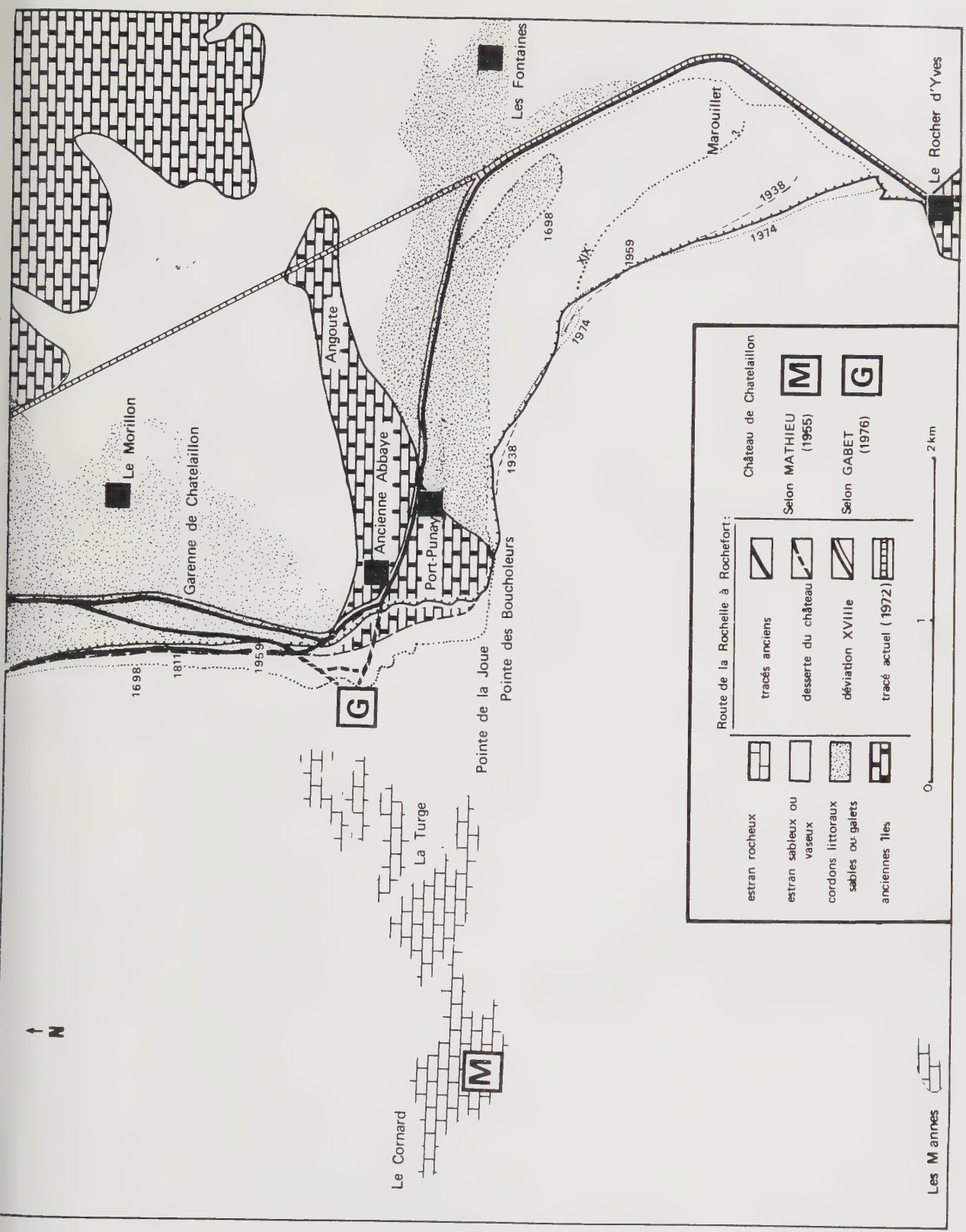


Figure 50 :
Le rivage entre Chatelaillon et Yves depuis 1698.

tales : le cordon le plus méridional devait être «enraciné» à la pointe nord-ouest du Rocher d'Yves, étant à la fois longitudinal par rapport aux houles d'ouest et orthogonal aux houles du nord-ouest non diffractées par la Pointe des Boucholeurs. Dans l'ensemble, il s'agissait d'un poulier progressant à travers la baie située entre Yves et Voutron ; sa progression fut stoppée par l'arrivée des cordons de galets et de sables venus du nord : la fermeture du Havre du Marouillet est donc complète, plus complète qu'au Loc'h de Landevennec par exemple (A. GUILCHER, P. VALLANTIN, J.P. ANGRAND, P. GALLOY, 1957, p. 42) où un mince ruisseau se faufile entre deux flèches en chicane.

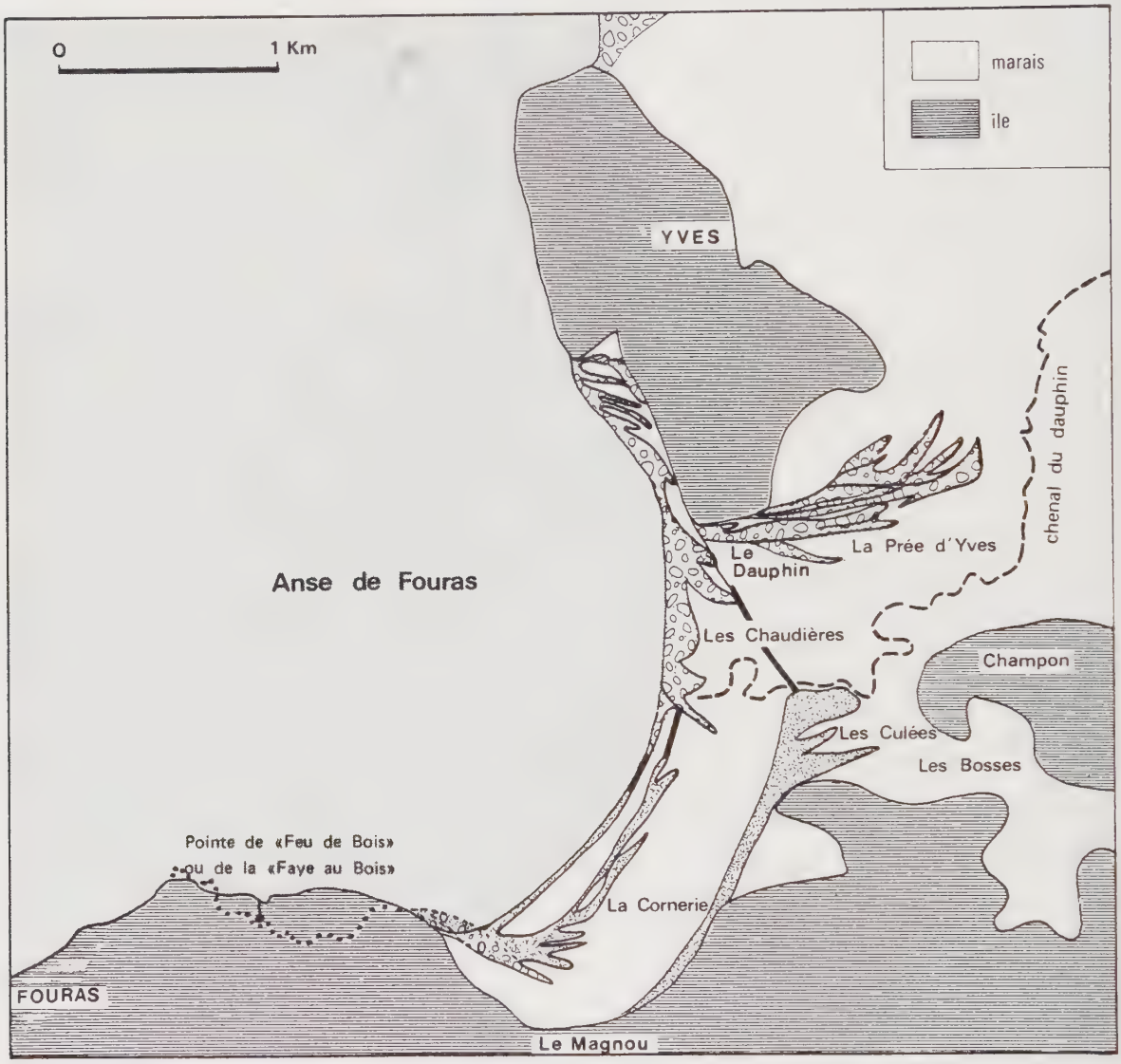


Figure 51 :

Flèches et cordons de l'ancienne Baie du Dauphin / Anse de Fouras

A côté de ces flèches en position de fuite, d'autres accumulations ont tendance à se disposer perpendiculairement aux houles dominantes, comme entre les Boucholeurs et Yves, et au sud d'Yves où l'évolution est plus avancée.

c) Le littoral de l'anse de Fouras

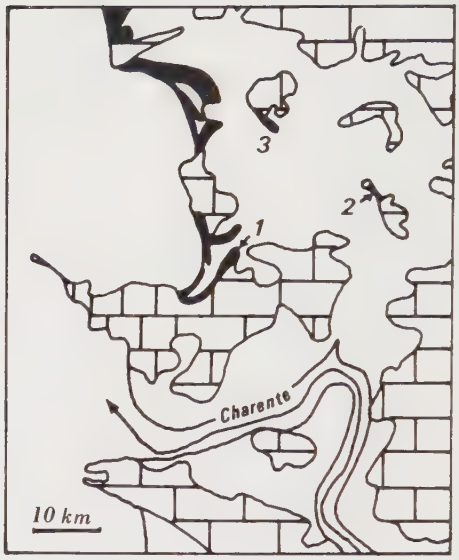
L'Anse de Fouras, entre l'île d'Aix, les Mannes et le Rocher d'Yves est un secteur relativement abrité de la Mer des Pertuis : les houles océaniques ont peu de chances d'y parvenir sans avoir été modifiées sur un très long plateau vaseux, la ligne du zéro hydrographique étant distante du rivage de trois à cinq kilomètres. Le rivage actuel est constitué par les falaises d'Yves, des cordons de sables et de galets entre les Chaudières et la Cornerie, les falaises de la Faye du Bois et de la presqu'île de la Fumée comportant çà et là des éléments sableux.

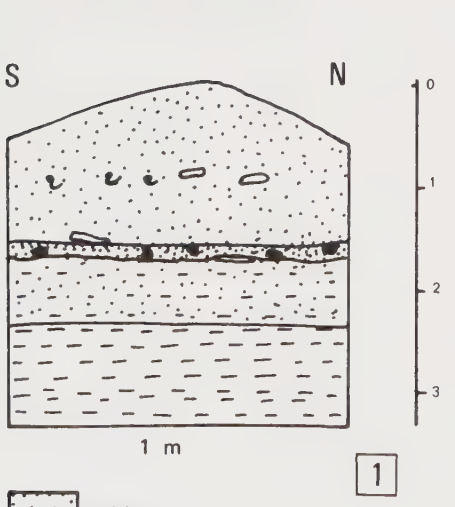
Figure 52 :
Coupe du cordon en bordure sud de l'Ile d'Yves

Nous étudierons principalement ici la fermeture de la «baie du Dauphin», correspondant au marais compris entre Yves, les fermes du Magnou à Fouras et de Champon à Saint Laurent de la Prée.

La carte *(figure 51)* montre les flèches littorales ayant progressivement fermé cette baie. Les flèches du Dauphin au nord, sont formées de galets à l'ouest alors que les sables dominent en direction de l'est, au nord de la Prée d'Yves. Une coupe pratiquée à 800 m à l'est du Dauphin a montré des galets de calcaires marneux très aplatis, recouverts de sables coquilliers assez fins ; la partie supérieure a été modelée en dunes embryonnaires, une partie du sable a été épandu sur le bri des prés voisins : ceci indique une fourniture abondante de sables provenant des fonds immergés *(cf. figures 26 et 35)*. A l'ouest de la ferme du Dauphin, le cordon le plus au nord repose sur un sol de groie développé sur les calcaires marneux du kimméridgien. Des coquilles d'huîtres et de coques ramassées sur une distance de 10 m, dans un banc de sable de 3 cm d'épaisseur, correspondant à une ancienne plage adossée à ce sol de groie ont été datés de 1230 ± 100 ans B P (GIF 3938). La coupe montre que ce cordon littoral a envahi un schorre reposant sur une plage sableuse, à environ 2,00 m N G F *(figure 52)*.

Au sud, le cordon qui porte la route vers Fouras commence le long de la falaise morte près de la Cornerie ; il est formé de sables fins et de coquilles broyées et émoussées ayant longtemps cheminé. Dans les carrières du Pont d'Yves et le long de la N. 137, on peut observer

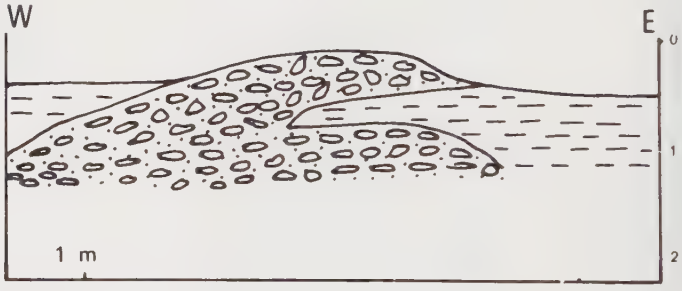




1

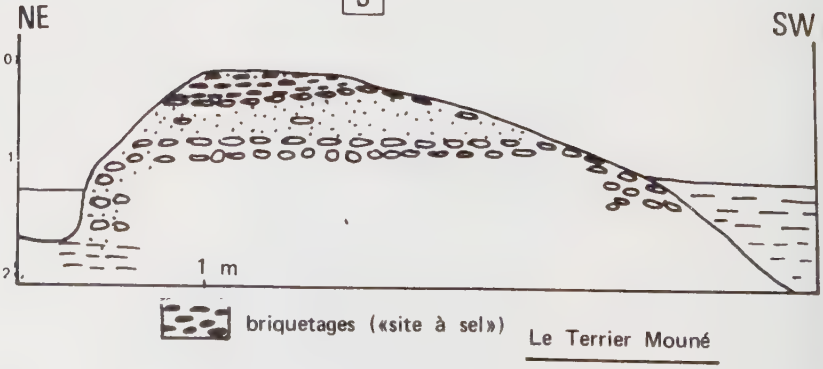
Cordon des Culées

2



cordon de Moins

3



Le Terrier Mouné

Figure 53 :
Coupes dans les flèches et cordons du marais de Voutron

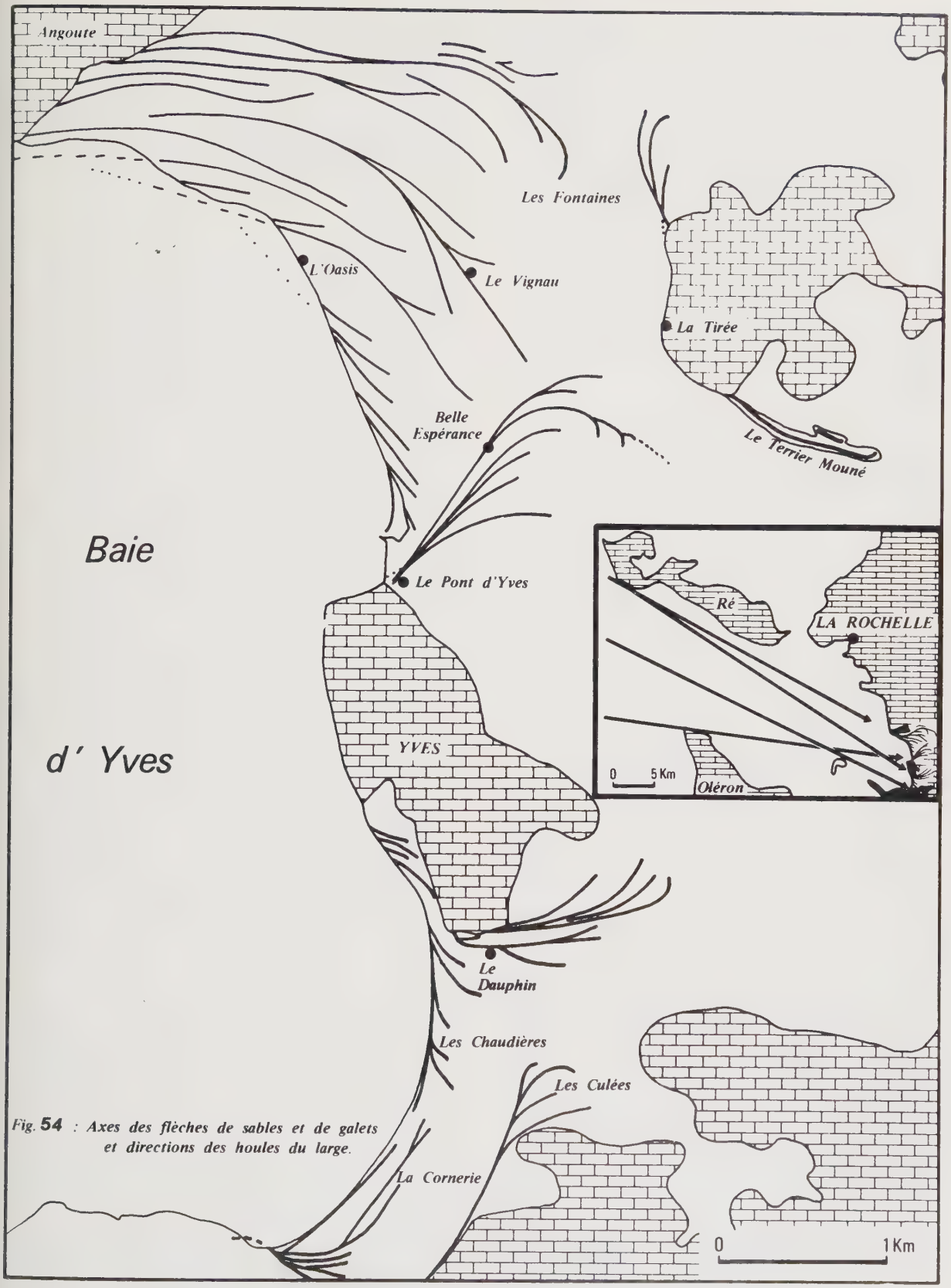


Fig. **54** : *Axes des flèches de sables et de galets et directions des houles du large.*

Figure 54 :

Axes des flèches de sables et de galets et directions des houles du large.

(Le Vigneau.)

plusieurs flèches s'épanouissant pour fermer le golfe des Bosses ; la plupart de ces flèches ne dépassent le niveau du bri que de 10 à 40 centimètres ; leur épaisseur atteint un à deux mètres. Plus à l'est, une coupe pratiquée dans les prés des Culées a montré *(figure 53)* sous 1,60 m de sables coquilliers avec quelques galets de calcaire cénomanien, une couche de sable jaune à silex roux. Cette flèche des Culées repose sur le bri ; son épaisseur est de l'ordre de 2,30 m, son extension plus vaste que ne l'indique la carte géologique de Rochefort à 1/50.000 ; on ne possède aucune datation sur ce cordon. Le Havre du Dauphin aurait été traversable à gué avant le XVIIème siècle mais dès 1713, selon un texte concernant le dessèchement du Marais du Roy (Arch. Dép. Charente Maritime série C. 24, nº 1, cité par C. GABET, 1977, p. 297) «l'embouchure du chenal d'Yves est comblée par les cailloux que la mer y a portés du Rocher d'Yves» ; il fut définitivement barré en 1857 par une digue située à l'ouest de l'actuelle route de La Rochelle à Rochefort.

Le recul de la falaise du Rocher d'Yves fournit les galets de calcaires marneux que l'on retrouve dans le cordon des Chaudières. LECLER (p. 44) indique un recul de l'ordre de 20 cm par an ; la carte de MASSE porte une route au sommet de la falaise dont il ne reste plus trace sur le terrain ; la comparaison des formes des parcelles en haut de la falaise vers 1700 et en 1964, ainsi que la mesure des distances au village d'Yves permet d'estimer à 20-25 m environ l'ordre de grandeur du recul de la falaise en 250 ans, soit 10 cm par an en moyenne. La production de galets n'a donc guère dépassé 350 000 m^3 pendant la même période, quantité suffisante pour créer un cordon qui ne couvre que 6 000 m^2 jusqu'au débouché du chenal du Dauphin ; le calcul et l'observation montrent donc que les calcaires d'Yves constituent la plus grande partie du cordon qui ferme cette baie du Dauphin *(figure 51)*. La progression du cordon des Chaudières depuis Yves et de celui de la Cornerie depuis Fouras ont accéléré le colmatage d'une lagune ; une digue d'une cinquantaine de mètres a permis l'endiguement de 20 ha en 1971. Depuis lors des levées de galets et de sables progressent sur l'estran ; le recul de la racine du cordon, au nord-ouest du Magnou entraîne l'érosion d'une falaise de quelques mètres entaillée dans les limons quaternaires recouvrant un dépôt coquillier, situé au contact des sables et argiles du Cénomanien inférieur.

D'après la carte de MASSE, la «Pointe du Feu de Bois» aurait reculé de près de 200 m en deux siècles. MASSE indique en effet un tracé concave vers le nord du «Rocher ferme» entre ce cap et la Cornerie, alors qu'il est aujourd'hui convexe ; ceci joint à l'erreur flagrante de positionnement de la Fontaine de la Sauzaie, nous porte à suspecter le tracé du littoral dans ce secteur, sans doute emprunté à la «carte de partie du bas Poitou, Pays d'Aunis et de Saintonge» dont la «ligne de côte a été levée en 1674 par le sieur de La FAVOLIERE, abille ingénieur natif de La Rochelle». Une preuve supplémentaire de ce tracé erroné est l'absence des milliers de mètres cubes de galets de calcaire cénomanien issus de l'érosion de cette prétendue «Pointe du Feu de Bois» dans le cordon de la Cornerie.

Ainsi, l'évolution des tracés du littoral du marais de Muron, de part et d'autre de l'ancienne île d'Yves peut-elle être retracée à partir des documents historiques et grâce à la remarquable séquence de flèches et de cordons littoraux qui ont marqué les rivages successifs. Si aucune orientation prédominante n'apparaît dans ces flèches, les flèches du Marouillet par exemple montrent un faisceau divergent de lignes accrochées à la presqu'île des Boucholeurs, que l'on peut expliquer par la tendance des accumulations littorales à se disposer orthogonalement aux houles dominantes. Le tracé en plan permet donc de reconstituer quelles furent les orientations successives des houles à l'origine de leur mise en place ; on présentera à titre d'hypothèse un scénario possible d'évolution du colmatage d'après la position de ces cordons littoraux (J.P. PINOT, 1963).

d) L'évolution d'ensemble du littoral du Marais de Rochefort

Au sud des Boucholeurs, la rotation de la flèche «externe» en position sub-parallèle à la côte, comme la flèche d'An Arvor Vili (A. GUILCHER, 1948, A. SCHOU, 1969) pour se disposer perpendiculairement aux houles océaniques entrant dans le Pertuis d'Antioche montre des formes d'érosion et de recul du littoral au nord du parallèle du Vigneau, des formes d'accumulation au sud. Le croquis *(figure 54)* montre que, à petite échelle, la partie nord tend à se disposer longitudinalement aux houles de nord-ouest canalisées par l'île de Ré et les Boucholeurs ; la partie sud, érodée au nord et progressant au sud, tend à se disposer perpendiculairement à ces mêmes houles. A plus grande échelle, les flèches dont les racines étaient situées sur la partie érodée de la falaise des Boucholeurs ont été en grande partie ruinées et seules subsistent leurs parties médianes et distales (au sud de l'Oasis par exemple), des témoignages de la partie «proximale» (Y.F. THOMAS, 1975) pouvant apparaître sur l'estran (cf *figure 47* p. 90). A une échelle encore plus grande, on a fait état du sens de l'évolution récente du tracé littoral qui apparaît comme un instantané dans une évolution générale.

L'érosion des racines de flèches lorsque la falaise recule - dont le littoral picard, entre autres, donne de bons exemples(A. BRIQUET, 1930 a) - a été encore plus spectaculaire au sud du Rocher d'Yves où le cordon actuel comporte une dizaine de crochets de galets couverts de végétation *(figure 51)*. Ces crochets se regroupent en deux ensembles : au nord, on peut observer une continuité entre le quatrième crochet et le cordon sud du Dauphin ; au sud par contre les flèches des Chaudières sont des pouliers tout à fait caractéristiques, progressant pour barrer la baie du Dauphin. La flèche actuelle fait front aux houles lointaines canalisées par les îles de Ré et d'Aix et recoupe les racines des anciennes flèches au nord-ouest du Dauphin, où des galets appartenant à des cordons anciens s'observent sur l'estran.

Au sud, la flèche des Culées commence par une plage adossée au talus continental du Magnou, se prolonge par une flèche dont les crochets terminaux, courts, trapus et serrés dénoncent la faible alimentation : ici la disposition orthogonale aux houles dominantes était guidée par le tracé de la bordure continentale. Mais à l'ouest, le cordon des Corneries, après quelques courtes accumulations en position de fuite, s'est très vite disposé frontalement aux houles. En effet, les houles moyennes de nord-ouest (renforcées par les houles locales du Pertuis d'Antioche réfléchies par les falaises de la Faye-au-Bois) créent une dérive vers le nord-est.

Ainsi, sur le littoral occidental du bassin de Rochefort comme en Bretagne (A. GUILCHER, 1948 ; J.P. PINOT, 1963) les divers tracés des flèches et cordons littoraux peuvent s'expliquer par la direction probable des houles moyennes lors de leur mise en place : accumulations longitudinales ou légèrement obliques par rapport aux houles dominantes de nord-ouest, se

disposant progressivement face aux forces édificatrices. L'originalité par rapport à la Bretagne provient qu'ici le recul des caps auxquels ces flèches sont accrochées (Les Boucholeurs, Yves) perturbe cette évolution en faisant disparaître la partie proximale de flèches enracinées le plus à l'ouest. Alors que la partie moyenne et méridionale de ces baies, déjà orthogonale par rapport aux houles lointaines est en cours de stabilisation (diminution des surfaces endiguées), la partie nord est érodée, bien qu'elle soit en position de fuite par rapport aux houles atlantiques et à un rivage protégé par des digues et des enrochements.

Enfin, si les dispositions majeures peuvent s'expliquer par référence aux houles lointaines, un certain nombre de phénomènes de moindre ampleur (forme et fréquence des crochets par exemple) proviennent de l'effet des houles locales ; il en est ainsi des accumulations secondaires situées sur le revers des flèches du Terrier Mouné et des Fontaines. Le changement d'échelle des formes est donc explicable par des forces d'amplitude et d'échelle différentes.

Les rivages de la baie d'Yves, Anse du Marouillet et Anse de Fouras ont donc connu un colmatage progressif, marqué par des flèches littorales reliant progressivement l'île d'Yves à Fouras au sud et Angoute au nord. Ces flèches ont progressivement barré les chenaux de marée des marais de Voutron et de Fouras, appelés Havre du Marouillet et Havre du Dauphin comme il existe un Havre de Brouage. Cependant l'éventail des flèches littorales des Fontaines aux Portes d'Yves ne se retrouve pas dans l'ancienne baie du Dauphin ; c'est que d'une part l'alimentation en sables et galets avait été déficitaire au sud, en raison du piégeage des sédiments par la baie du Marouillet et que d'autre part la zone du Havre du Dauphin a toujours été en situation plus abritée, ce que montre la figure 54, p. 98.

La reprise des galets de la racine des cordons du Dauphin et le recul de la falaise d'Yves ont permis, à une époque tout à fait récente l'annexion au domaine continental d'une bande de 150 à 200 m de large au nord de la Cornerie, en même temps que le cordon surtout sableux autrefois se trouve localement protégé par un pavage de galets. Le recul par érosion des racines de cordons anciens pour que la côte s'établisse perpendiculairement aux houles dominantes se poursuit donc de nos jours sur ce littoral du Marais de Rochefort, qui n'apparaît ainsi nulle part régularisé.

On a indiqué sur la figure 55 l'état probable du littoral du marais de Rochefort au cours de l'époque historique, en indiquant pour chaque cas la nature des documents de référence. Ces croquis, à petite échelle, ne sauraient être considérés que comme une représentation schématique provisoire.

2. L'évolution du littoral à l'embouchure de la Charente

Les roches cohérentes (calcaires et grès) et meubles (sables) des différents niveaux du Crétacé, affleurant grâce à l'ondulation synclinale de la Charente forment deux presqu'îles allongées, à Fouras au nord et Port-des-Barques au sud. La présence de cassures méridiennes accompagnant la remontée péri-synclinale de cet accident permettent l'individualisation de toute une série de formes littorales que L. PAPY (1941), R. FACON (1969) et M. BLANCHO (1973) ont décrites, après A. BOISSELIER (1885, 1891) et J. WELSCH (1914). L'étude photogrammétrique et géomorphologique montre la présence de cordons littoraux dont celui de Soumard est le plus connu ; les cartes et témoignages historiques permettent de suivre la conquête des rives de la Charente, alors que quelques-unes des formes nouvelles du relief littoral semblent avoir échappé aux anciens auteurs.

a) Les anciens cordons littoraux : Soumard, Port des Barques, Lupin (figure 46)

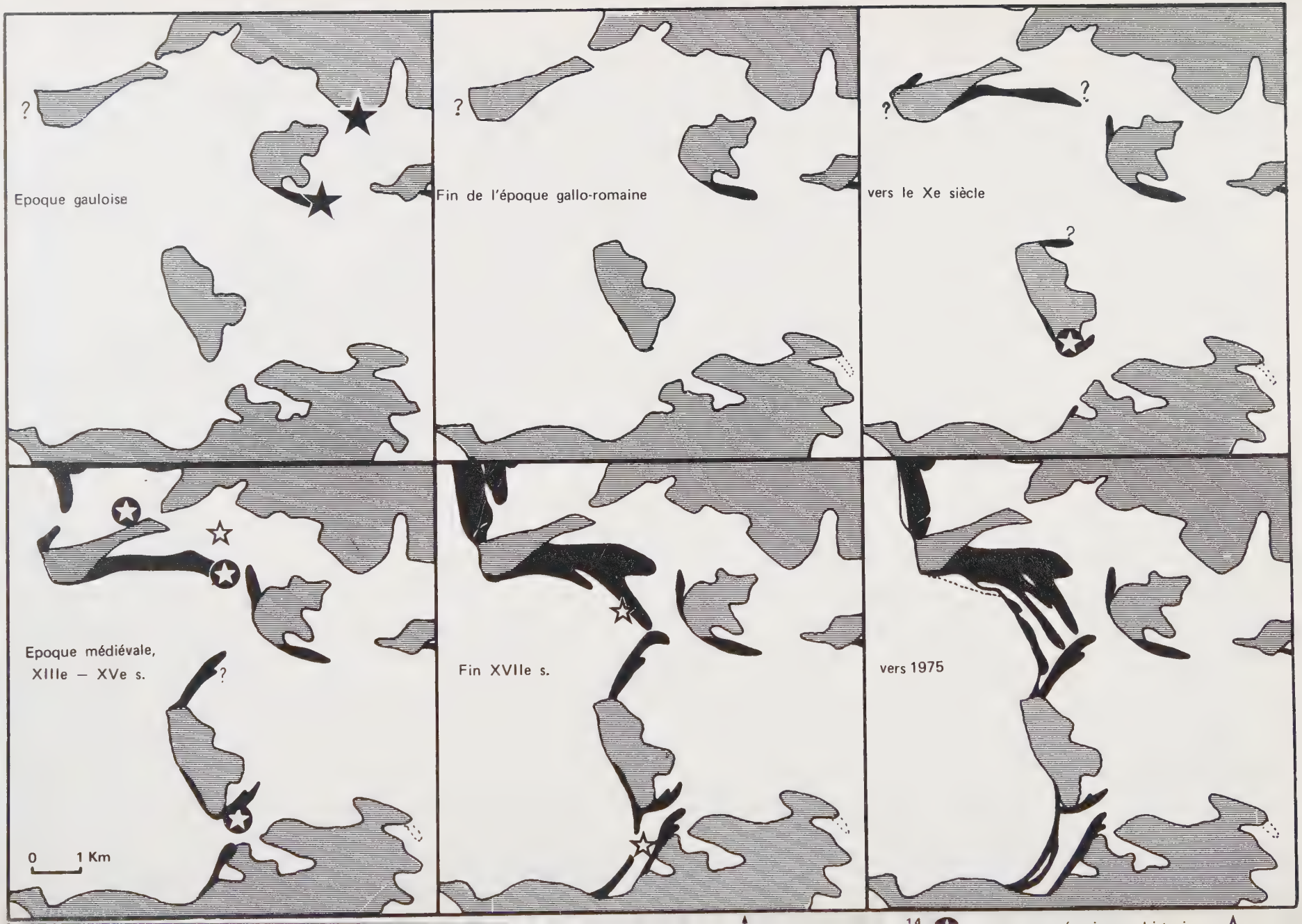
Le cordon de Soumard au sud de Fouras est formé de galets de calcaire cénomanien, selon l'expression consacrée, «gisants bien assis», de taille moyenne (longueur médiane pour 100 galets : 5 cm), assez pauvres en sables. Il barre complètement le marais de Laubonière, mais un crochet interne se dirige vers la ferme de la Levée, comme l'ont montré les travaux d'assainissement. Un autre cordon frange le cap de Terre Noire, à Saint-Laurent-de-la-Prée. Comme au Dauphin, ces cordons reposent en partie sur le rocher, en partie sur le bri, et leur épaisseur dépasse souvent deux mètres. Ils contiennent peu de sables émoussés luisants et quelques coquilles. Un échantillon recueilli près de la maison du gardien du phare, à 60 cm de profondeur a été daté de 2650 ± 100 BP (GIF 4497). La présence de briquetages de type site à sel dans le Cordon des Nauleries, à l'ouest de Fouras suggère que ce cordon s'est mis en place à l'époque gauloise.

Ces cordons dont l'altitude atteint 4,20 m NGF, soit environ 7,90 m CM, peuvent-ils être utilisés pour jalonner un mouvement du niveau marin ? Pour J. WELSCH (1914, p. 198-199), L. PAPY (1941, p. 152), F. VERGER (1968, p. 352) la réponse est négative, mais A. BOISSELIER (1891, p. 39-52) et H. ENJALBERT (1960, p. 220), l'associent à un haut niveau marin. En effet, vers 3,50 m NGF, les coquilles de Cardium, d'huîtres comme de scrobiculaires sont finement broyées. La mise en place dans un milieu de forte énergie est très probable. Les cordons actuels de galets du Marouillet atteignent 3,5 à 4 m NGF et leurs coquillages, à la même profondeur, paraissent moins broyés. On peut donc envisager que ce cordon de Soumard marque un niveau de marée voisin de l'actuel ou mieux, supérieur à l'actuel de quelques décimètres. Les cordons de Port des Barques sont formés de sables dans la localité même, alors que les galets dominent à l'est, entre Pierre Menue et la Fosse aux Mâts de l'Ilot. Les galets de ces cordons, riches en *Exogyra columba* et *Ostrea* sp., sont d'origine locale et reposent sur le bri.

La séquence de cordons en position de fuite sur laquelle est installé Port des Barques rassemble des «flèches d'entrée de baie» qui ont progessivement isolé une dépression semi-circulaire creusée dans les niveaux tendres du Turonien inférieur. Un puits, implanté à 10 mètres du coteau et profond de plus de 20 mètres n'a pas rencontré le substratum : ceci souligne la vigueur du coteau dans lequel on peut voir non une banale falaise morte, mais la rive concave d'un méandre de la Charente, passant par le Vergeroux, St-Laurent-de-la-Prée, Basse Roche, Pierre Menue et Port des Barques. L'ancien cours de la Charente identifié par profils sismiques près de la Haute Roche

* L'accentuation de cette érosion, en rapport avec la protection des falaises des Boucholeurs est d'ailleurs à craindre si l'on en croit diverses observations faites en Picardie comme en Colombie (A.G. VERNETTE, P. LESUEUR, A. KLINGEBIEL, 1978) ou sur le terrain même, où la progression des enrochements vers le sud se poursuit depuis l'édification de la digue des Boucholeurs.

Le phénomène a aussi été observé en Mer Noire par A. MOIGN et R. PASKOFF : «Erosion et protection des côtes : l'exemple du littoral caucasien de la Mer Noire» dans *Méditerranée*, 1977, no 3, p. 63-68.


Epoque gauloise
Fin de l'époque gallo-romaine
vers le Xe siècle
Epoque médiévale,
XIIIe – XVe s.
Fin XVIIe s.
vers 1975
0 1 Km

(P. BOURGUEIL, P. MOREAU, 1972, p. 16-18) serait donc bien antérieur au dépôt des sables de Port des Barques. La présence d'un site à sel près du talus de Haute Roche à Saint Laurent-de-la-Prée indique que ce tracé existait au 2ème siècle avant J.C. : les cordons de Port des Barques pourraient donc être d'âge historique.

Les cordons de galets étendus de Pierre Menue à la fosse aux Mâts de l'Ilot sont plus récents et portent un sol rougeâtre comme les cordons de Soumard. Des coquilles d'huîtres entières recueillies au sud de la Fontaine de Lupin, à 60 cm sous le niveau du sol, soit vers 2,20 NGF ont été datées de 1360 ± 90 BP (GIF 4498). Ce dépôt peut donc avoir été mis en place au voisinage du niveau des pleines mers, lors d'un niveau marin inférieur à l'actuel. Il pourrait témoigner du «bas niveau de Wissant» de M. TERS (1973, p. 122), vers − 1 m au-dessous de l'actuel.

b) Evolution des schorres de l'estuaire

Depuis l'érection des digues dans l'estuaire de la Charente, des modifications mineures du tracé littoral sont intervenues : prises où l'on a déposé les déblais issus de l'arasement des seuils de Soubise, du Vergeroux, des Fontaines, de Lupin, érosions locales ou progression des schorres.

Dans le secteur du fort Lapointe, un schorre tout juste esquissé en 1957 est en voie de progression au nord-est : les touradons de Spartine (cliché I.G.N. FR. 760-150-P-791) ont progressé jusqu'à recouvrir des laisses de mer plus sableuses, mais la partie terminale du schorre était érodée en 1976. A l'ouest du fort, une levée a été établie pour tempérer l'impact des houles du nord-ouest : une petite plage s'établit près du fort. A l'est de ce dernier, un schorre en voie d'érosion montrait en 1969 dans ses microfalaises des niveaux plus sableux. Cette forme a disparu en 1976 et le recul s'est amplifié, bien que des claires aient été édifiées sur un schorre qui porte des traces de digues ruinées*.

Sur la commune de Saint-Laurent, le schorre a été érodé à l'ouest de la Pointe de la Parpagnole sur près de 100 mètres depuis 1964 : on a dû protéger la digue par des enrochements. La présence de touradons près de la Pointe Sans Fin suggère que les sédiments ainsi remobilisés ont été déposés sur l'autre rive de la Charente : voici donc un cas de recyclage sédimentaire à faible distance et pendant une courte période. A la Pointe de la Parpagnole, la comparaison des clichés aériens ne permet pas d'établir un sens d'évolution. L'utilisation de la carte du cours de la Charente par Cl. MASSE suggèrerait une forte accrétion, mais cette carte est de mauvaise qualité, selon Cl. MASSE lui-même (cf infra, *figure 117).*

L'estuaire de la Charente a donc présenté une sédimentation graveleuse ancienne dont on trouve témoignage à Soumard, entre Pierre Menue et la Fosse aux Mâts de l'Ilot, au sud de Basse Roche, et une sédimentation sableuse récente à son embouchure (Fouras, Port des Barques), alors que la sédimentation vaseuse, qui s'est poursuivie jusque vers le XIXème siècle semble aujourd'hui très ralentie ; les modifications locales du tracé des schorres peuvent être interprétées comme le recyclage d'un volume terrigène pré-existant.

3. Le littoral du marais de Brouage

Comme celui du marais de Rochefort, mais à une plus petite échelle il oppose un secteur en voie d'érosion au nord, entre Piédemont et Plaisance, et un secteur d'accumulation au sud du Havre de Brouage.

a) De Piédemont au Havre de Brouage

Faisant suite au tombolo qui relie l'Ile Madame au continent (N. de SOUZA, 1974, p. 127 et 142), la falaise de Piédemont est formée par les sables et grès du Crétacé inférieur, présentant un fort pendage vers le nord-est ;

* Ces phénomènes sont peut-être liés à l'existence de la jetée de Port des Barques, laquelle rejette vers le nord l'axe des courants principaux de la Charente.

Figure 56 :
Recul des falaises de Piédemont, d'après le cadastre

la mer affouille, aux fortes marées, les sables du Cénomanien inférieur et les calcaires marneux du Portlandien ; la situation relativement abritée de la falaise limite son recul, qui ne semble pas très important : des rochers de plusieurs mètres cubes effondrés sur l'estran sont à peine émoussés après plusieurs années et la vase recouvre volontiers les quelques galets aplatis de l'estran. La comparaison des cadastres de Saint-Nazaire-sur-Charente, établis en 1827 et 1937 (Port-des-Barques n'en fut détaché qu'en 1947) montre un recul de la falaise de 2 à 3 m au droit du Fort du Peu, où la retombée du plateau sur la mer s'effectue par un talus végétalisé. Plus à l'est en direction du hameau de Piédemont, l'érosion est plus considérable et une véritable falaise recule plus rapidement *(figure 56)* ; sa vitesse n'atteint pas les 20 cm par an indiqués par L. LECLER.

C. GABET et P. DAVID (1975 a) ont étudié un gisement archéologique découvert par M. BRUNETEAU, situé à une centaine de mètres en avant de la falaise, composé de vestiges attribués à la «civilisation d'Artenac», (vers 2300 av. J.C.)* et d'un «site à sel» le recouvrant, datant lui des derniers siècles avant notre ère. A supposer un recul uniforme de la falaise, cela ne ferait guère que 100 mètres en 4 000 ans, soit 2,5 cm / an. Mais le phénomène n'est évidemment ni continu ni régulier, comme le montre l'étude du littoral d'accumulation qui ferme au nord le marais de Brouage. La présence de ce site à sel ** sur l'estran peut résulter de l'évolution schématisée par la *figure 57.*

. le tracé actuel du littoral

Au nord du havre de Brouage, les digues de la prise du Grand Cimetière, les sables de la côte de Monportail et les digues entre Font Renaud et Saint Froult constituent un littoral juxtaposant schématiquement, du nord au sud un secteur d'érosion (Font Renaud), un secteur d'accumulation modeste, la «côte de Monportail». Nous désignerons par «littoral du marais de Monportail» le littoral entre St Froult et Font Renaud, «cordon des Sables de Plaisance» le littoral situé au nord de la ferme de ce nom, et «complexe de Plaisance» l'ensemble des cordons littoraux insérés dans les marais de St Froult et de Moeze et portant la ferme de Plaisance *(figure 58).*

Le littoral du marais de Monportail comporte au nord, près de Font Renaud, une digue renforcée par des gabions depuis la tempête de 1967. Près de Font Renaud même, un schorre de quelques centaines de mètres carrés s'est installé. Un cordon de sables le prolonge jusqu'à la «rigane de l'Estrée», chenal de marée qui servait naguère d'exutoire au canal de Monportail ; ces sables ont progressé sur un schorre et sont adossés à une digue qui continue celle de Font Renaud. L'évolution du tracé littoral à l'époque contemporaine peut être attestée par la comparaison des photographies aériennes de 1950, 1964, 1975 et les cartes : entre les levés de la carte d'Etat Major (1850) et les levés de la carte topographique à 1/50.000 (1959), la racine du cordon littoral a reculé de près de 200 m au SW de Font Renaud ; la longueur du chemin de la Perchonnerie est passée de 560 m en 1850 à 350 m en 1959 ; la mer était à 320 m à l'ouest du carrefour le plus à l'ouest de St Froult, elle en est à 250 m depuis 1959. Ce recul est d'ailleurs continu depuis le XIXème siècle comme le montre la comparaison des cadastres de 1824, 1933 et des levés actuels *(figure 59).*

* 2800 à 2100 BC selon GOMEZ, 1979, p. 112

** Les tessons obtenus sur ce site sont en cours d'étude.

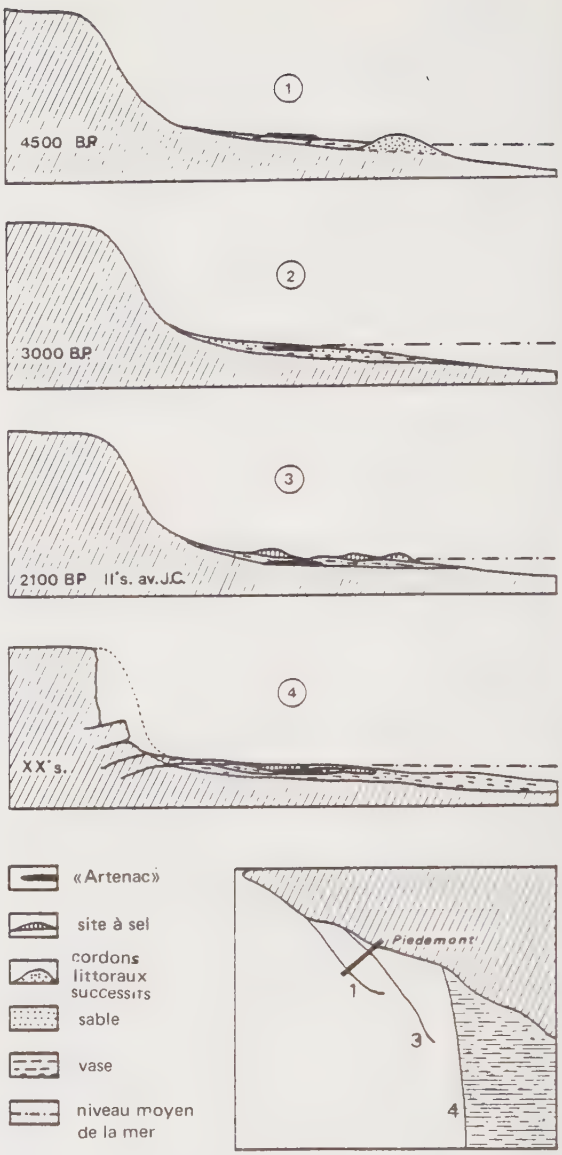


Figure 57 :
Archéologie et cinématique littorale à Piédemont

A l'ouest de Saint Froult, une digue nord-sud a été établie pour protéger de l'érosion un secteur particulièrement exposé : le cliché IGN 1330-1730/534 *(figure 60)* montre comment les crêtes de houles, venues du nord-ouest dans le Coureau se trouvent concentrées dans ce secteur avec une incidence à peu près perpendiculaire au trait de côte ; cette déviation et cette concentration semblent dues pour l'essentiel à l'effet de la géomorphologie du Coureau et de l'estran : rochers de l'Estrée et estran assez lisse entre les chenaux de l'Estrée au nord et de la Bigue au sud. Les profils topographiques effectués lors de la construction de la digue de Monportail montrent un estran concave qui témoigne d'une intense érosion. Entre 1950 et 1964, sur près de 120 mètres, l'estran sableux a disparu le long du trait de côte et une digue a dû être édifiée.

Ces différents travaux indiquent bien que cette partie du littoral est en voie d'érosion ; plus encore qu'à Angoulins, à Chatelaillon et aux Boucholeurs, le cordon littoral de Monportail a perdu la plus grande partie de la racine qui le rattachait aux falaises de Piédemont.

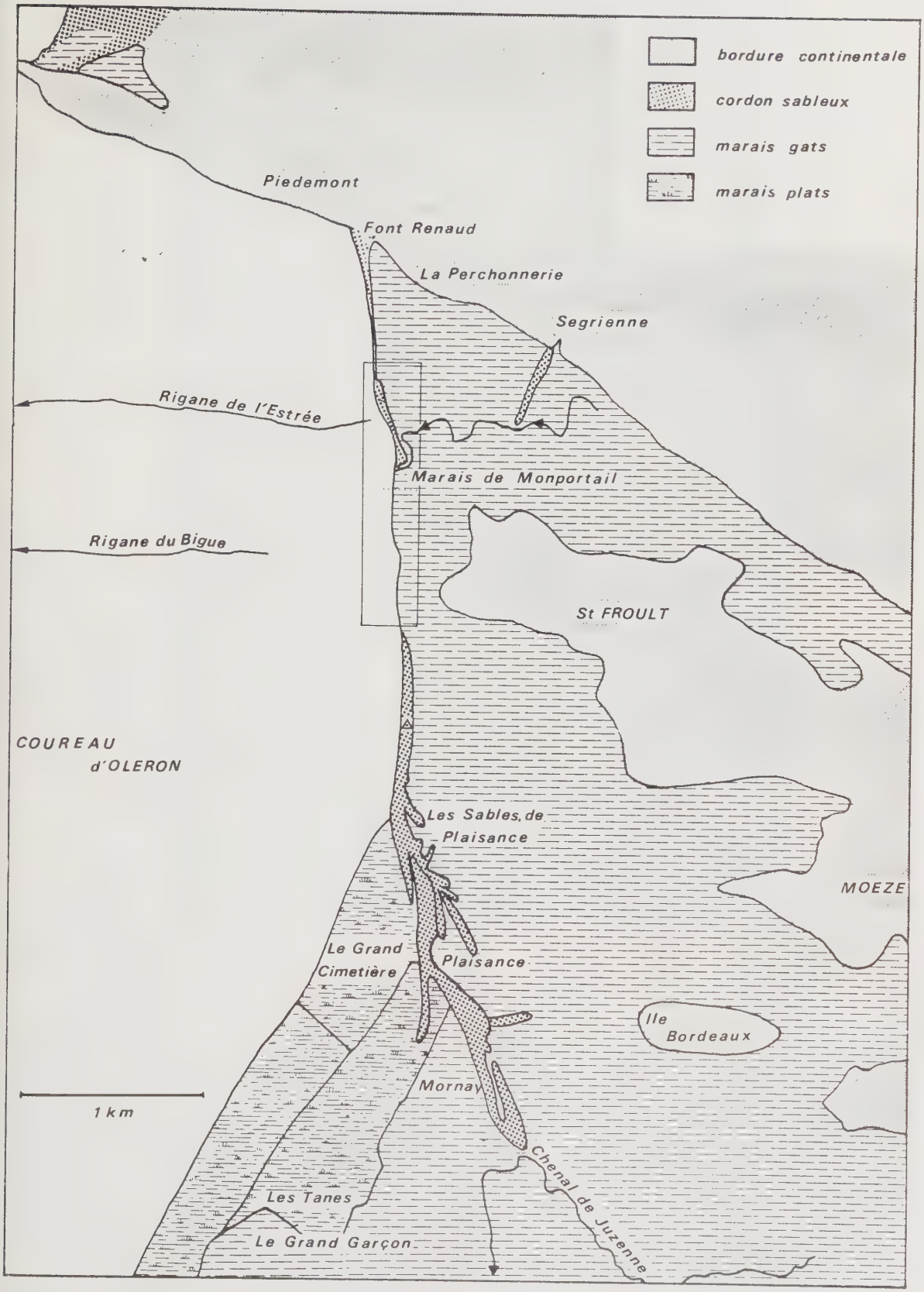


Figure 58 :

Le littoral au sud de Piédemont

(lire «Les Tannes» ; le rivage reproduit sur la figure 59 est encadré)

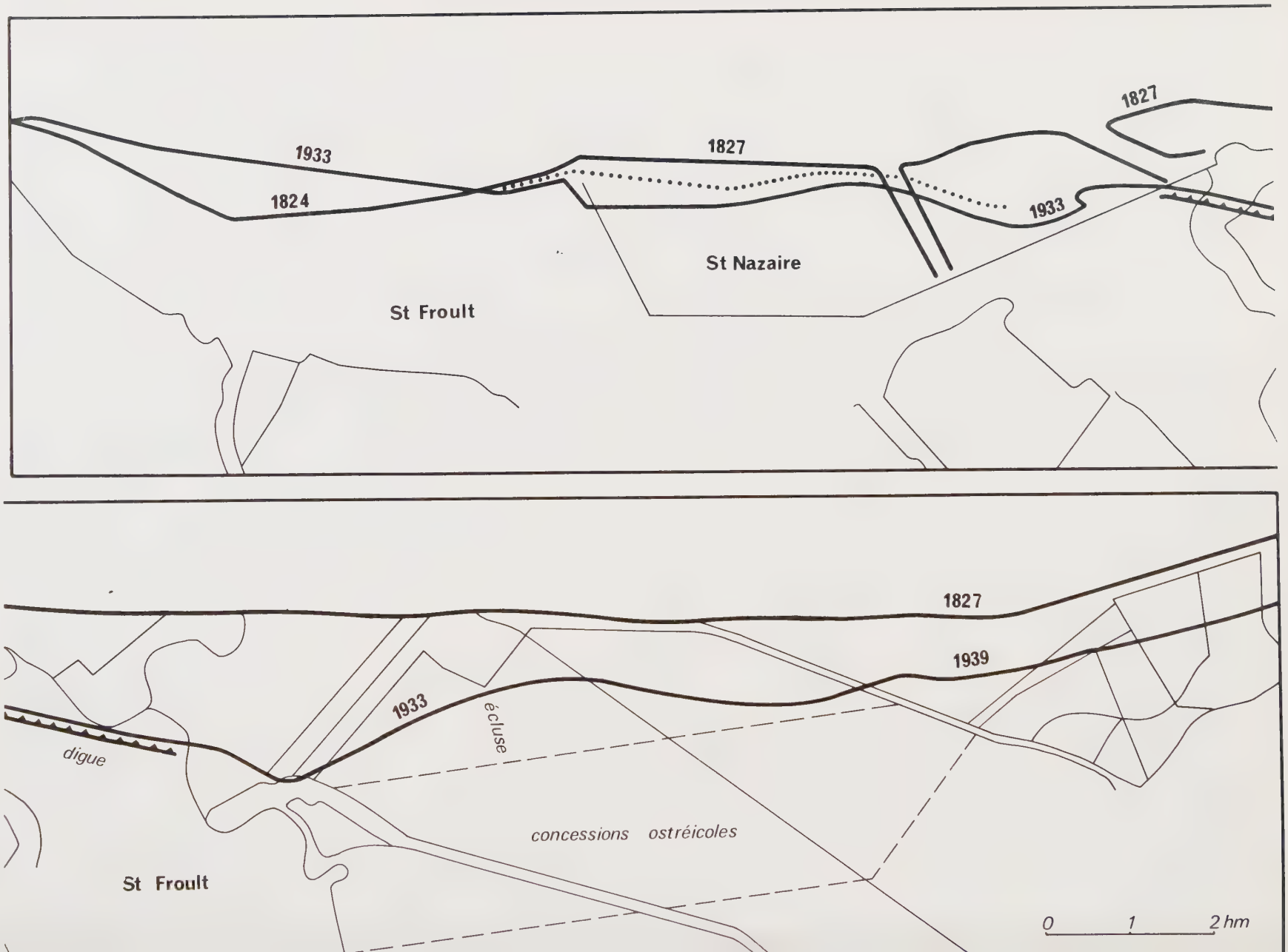


Figure 59 :

Le littoral à Saint Nazaire et à Saint Froult, d'après les cadastres
(La région couverte par ce croquis est localisée sur la figure 58 page 105 ; la partie méridionale est à gauche, la partie septentrionale à droite)

Figure 60 :

Photographie aérienne de 1950 : houles fortes au-dessus de la Rigane du Bigue
(cliché IGN 1330 - 1730 nº 534)

Cette digue installée à une trentaine de mètres en arrière d'une digue plus ancienne (vestiges d'écluse sur l'estran) a eu pour effet secondaire de déplacer à son extrémité sud la zone d'érosion maximale : sur trois à quatre cents mètres le cordon de sable est rompu et une prise qui forme enclave de Saint Nazaire à Saint Froult, est régulièrement inondée par la mer : on y observe de beaux deltas de brèche sableuse reposant sur le bri de la prise. En 1976 l'érosion progressait vers le sud et atteignait la hauteur de la borne trigonométrique située 600 m au nord de la ferme des Sables de Plaisance, position dépassée en 1978.

Au sud par contre, les accumulations littorales dominent et même progressent. Entre l'Ile Bordeaux et les Tannes s'épanouissent les cordons sableux du «complexe de Plaisance», çà et là modelés en dunes élémentaires. Le complexe de Plaisance comporte un cordon principal, allongé des Sables de Plaisance aux vannes du canal de Juzenne sur plus de 2500 m ; cet axe principal est le résultat de la progression de la flèche dont le premier crochet se situe à la latitude des Sables de Plaisance et dont le plus oriental se dirige vers l'Ile Bordeaux *(figure 58)*. La progression de cette flèche est connue par la datation C 14 d'un échantillon prélevé à l'abri de la flèche. Des coquilles de Cardium entières récoltées à 40 cm de profondeur, au sommet du crochet le plus oriental dirigé vers l'Ile Bordeaux* ont été datées de 1150 ± 90 ans BP (GIF 3856), soit environ les VIII - Xème siècles. Le cordon lui-même peut être légèrement postérieur à l'âge de ces coquilles, mais la datation est plausible car Moëze ne devient centre de salines qu'après le Xème siècle ; ce cordon est inclus dans des salines dont la taille et la forme (cf. p. 138) montrent qu'elles remontent au

* La direction de ce crochet, perpendiculaire au tracé de la flèche principale constitue peut-être l'élément résiduel d'un crochet plus allongé vers l'est ; la pointe de la Coubre a montré, entre 1950 et 1971 une évolution voisine : cf C. BRESSOLIER, J. HUGER, 1974, p. 27 - 30.

haut Moyen Age. La progression de ce cordon était achevée au début du XVIIIème siècle, puisque les cartes de LA FAVOLIERE et de MASSE en indiquent l'extrémité insérée dans les marais salants. L'étude des aménagements humains (cf. p. 135) incite à dater son extrémité du milieu du Moyen Age. A cette époque, la baie de Brouage n'était pas encore colmatée et des houles de secteur est, ont pu retourner sur le revers de la flèche, vers le nord , des sables ayant atteint le chenal de Juzenne : cette situation, proche du sillon du Talbert, devient ainsi classique sur ce littoral. Depuis lors, la construction de digues enserrant les prises de Mornay (avant 1700) de Plaisance (1860) et du Grand Cimetière (1875-1953) marquent les étapes de la «continentalisation» de cet ensemble de formes littorales. A chaque étape d'endiguement, une modeste levée de sables ou des laisses de mer servent d'appui aux digues. La prise du Grand Cimetière fut concédée en 1875, et une première digue édifiée en 1899 était détruite avant 1950 (photographie aérienne), elle était rétablie en 1955-1956 ; une nouvelle concession autorisait, en 1953, l'endigage de terrains à l'ouest de la ferme des Sables de Plaisance. De nos jours la mer a partiellement et momentanément réoccupé des terrains renclos en 1956, dont la digue est mise à mal par les vagues. Le schorre de Plaisance est érodé, ainsi que quelques touffes de spartines ; l'estran présente une dépression de près d'un mètre de profondeur en face des brèches creusées dans les digues . Les houles du nord-ouest déferlent alors contre la digue du Grand Cimetière, qui se trouva rompue lors des grandes marées de l'automne 1976 : la mer a apporté dans la prise un «delta de brèche» parfaitement visible sur les photographies. Ce sable provient du «cordon des Sables de Plaisance», en cours de remobilisation au droit de Saint Froult, où on observe une falaise dans les sables. Les marées le déposent ensuite sur le schorre qui frange la prise du Grand Cimetière.

Ce littoral entre le Havre de Brouage et les Sables de Plaisance a été le lieu d'une sédimentation active puisque en six siècles, le littoral (aujourd'hui artificiel) a été reporté de plus de 1800 m vers l'ouest. Ce rythme semble se mourir : les digues actuelles sont situées en deçà des limites de concession de 1875, de 2 m au nord à 30 m près du Havre de Brouage, et le schorre ne progresse que très lentement. La comparaison des clichés aériens de 1950, 1957, 1964, 1975, montre que le schorre du Grand Garçon a pris très peu d'ampleur : les touffes isolées de spartines situées à 100 m environ de la digue, bien visibles sur les clichés ne sont pas encore coalescentes, et une échancrure de slikke dans le schorre massif n'est pas encore colmatée. C'est donc de moins de 100 mètres qu'a progressé le schorre dans le secteur le plus favorable ; F. VERGER (1968, p. 106) avait noté que «les touffes de spartines *(Spartina stricta)* n'ont pas assez de dynamisme pour provoquer l'extension d'un schorre qui ne progresse guère». Entre 1937 et 1957, il décelait une «stagnation relative» ; le même phénomène s'est poursuivi jusqu'à nos jours.

. les tracés anciens, flèches et amas sableux

Le cadre lithologique du marais de Brouage peut fournir à la fois des galets et des sables (calcaires du Portlandien et du Cénomanien, sables du Crétacé inférieur), les cordons littoraux en affleurement sont relativement rares à l'intérieur du marais ; des niveaux sableux se rencontrent à la base des sondages, à Brouage en particulier (J.P. PLATEL et P. MOREAU, 1977, p. 27) ; Deux types de cordons littoraux peuvent être distingués : les cordons de galets, ou de graviers,recouverts ou non de sables (Malaigre, Malaise, Moëze), et les amas de sable reposant sur des pierres de lest (Brouage) ; les cordons sableux du complexe de Plaisance ont été étudiés ci-dessus.

L'île de Malaigre est bordée au sud-ouest par un cordon littoral formé de petits galets de calcaires, grès et silex emballés dans une matrice rougeâtre ; ce cordon comporte des lentilles de bri, rougeâtre au-dessus et gris vert à gris bleu à proximité de la nappe phréatique ; il repose sur une couche de galets grossiers (longueur 1 à 6 cm) mal émoussés. Il s'agit donc du remaniement de cailloutis d'origine locale. Ce cordon a vraisemblablement été mis en place au début de la période historique, car on n'y trouve ni briquetages de sites à sel, ni «pierres de lest» ni «galets exotiques» *.

Au nord du Havre de Brouage, la route vers Moëze est assise sur le «cordon de Malaise», formé de galets de calcaire, quartz et silex de 4 à 7 cm de longueur et assez bien roulés ; le cordon situé à l'est de Brouage, dans le virage de la route de Moëze présente des caractères comparables. Pour J.P. PLATEL et P. MOREAU (1977, p. 26) il pourrait s'agir du même cordon, interrompu par le Havre de Brouage. La disposition de ce cordon qui dessine deux angles droits reste assez énigmatique.

Près du Quadoré, au nord de Brouage, le chenal du Grand Garçon longe des dépôts de sables bien roulés, de 0,4 à 0,5 mm de médiane, reposant en profondeur sur des galets de calcaire, de silex d'assez grande dimension (jusqu'à 10, 15 cm) et de graviers de quartz. Il est séparé du «complexe de Plaisance» par l'embouchure du chenal de Juzenne *(figure 58)*, et de l'amas sableux de la Cayenne (reposant sur des pierres de lest) par le Havre de Brouage : il pourrait donc s'agir d'une flèche littorale unique, mise en place entre les VIIIème - Xème siècle (datation C 14 GIF 3856, *tableau 15)* et le début du XVIIIème siècle (cartes de Cl. MASSE), interrompue par un ou deux «graus». Si cette hypothèse rend compte de la forme des accumulations («poulier» au nord de Juzenne, «musoir» de Quadoré), elle ne rend pas compte de l'opposition entre les cordons du Quadoré, de Malaise et de Malaigre assez riches en quartz et en silex, et les cordons de Plaisance surtout sableux, où quartz et silex sont assez rares.

D'autres amas graveleux ou sableux peuvent se rencontrer en bordure du marais, vers les Collants à Moëze où ils reposent sur des pierres de lest près de la Pointe du Ras, etc... Les sondages ou les parois des fossés montrent parfois des lentilles sableuses, souvent riches en coquilles (à l'ouest d'Hiers, au nord de St Just, etc...) : il s'agit sans doute de laisses de marée déposées sur des schorres, et non de véritables cordons littoraux. Comme pour les sites à sel, la mise en culture de certaines régions du marais permettra de mieux voir les passées de sols sableux, correspondant à des flèches littorales enfouies sous quelques décimètres de bri : certains marais plats, des bossis de marais salants anormalement développés correspondent parfois à de telles accumulations (Ile Bordeaux, Malaise).

* Ces termes désignent les rochers et galets apportés par les bateaux venant charger le sel dans les marais salants. Il s'agit le plus souvent de roches originaires des massifs anciens de l'Europe du Nord.

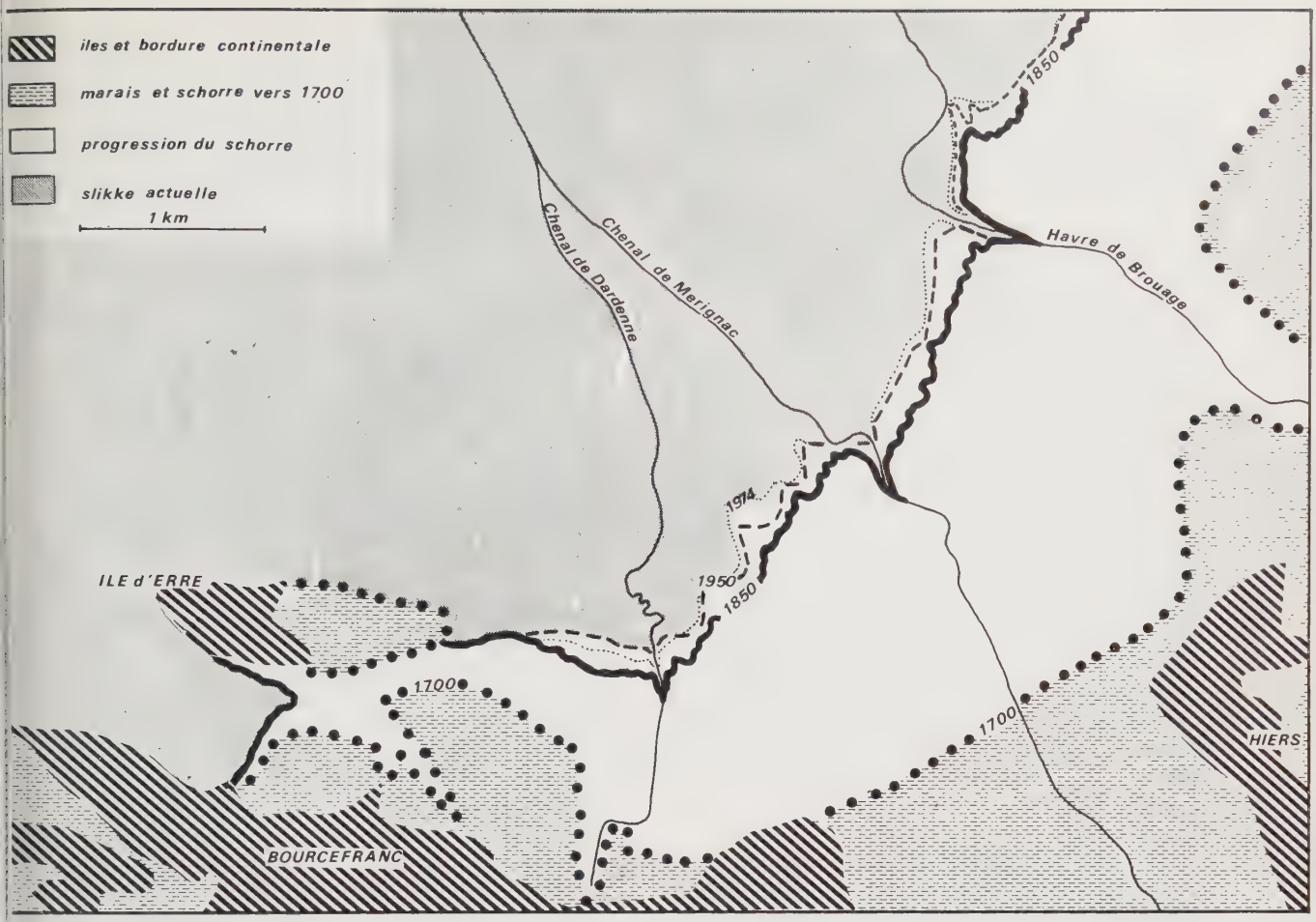


Figure 61 :

Lignes de rivage successives au sud du Havre de Brouage

b) Du Havre de Brouage à la Pointe du Chapus

. le littoral actuel

Entre le Havre de Brouage et la pointe du Chapus, la progression des atterrissements est particulièrement spectaculaire depuis les cartes de Cl. MASSE, au début du XVIIIème siècle. C. GABET (1969) avait montré le phénomène en comparant la carte à 1/25 000 et les cartes de Cl. MASSE *(figure 44)*. Sur la *figure 61*, on a porté les lignes du schorre vers 1850 (levés de la carte de Saintes à 1/80 000), en 1959 (carte à 1/25 000) et 1974 (d'après les photographies aériennes à 1/30 000). Ce croquis n'a qu'une valeur indicative, car les tracés ont été «généralisés» autant que le permettait l'échelle d'origine.

La progression atteint 1600 m en 150 ans le long du chenal de Mérignac ; il importe de noter que la limite vers 1700 est celle des marais salants de l'époque, dont on ne sait s'ils étaient limités au schorre ou s'ils avançaient sur la slikke : sur la «carte du Havre et des marais salants de Brouage représentés de basse mer», Cl. MASSE ne le précise pas *. Cette progression a affecté une surface de 650 ha environ pendant la même période, et moins de 60 ha depuis 1850 : il semble donc y avoir un ralentissement dans la progression des accumulations. Parallèlement, les fonds proches se sont relevés, la ligne des plus basses mers s'est déplacée vers le milieu du Coureau, balayant une surface à peu près égale à celle du schorre endigué : tout se passe donc comme si la forme générale des wadden se conservait tout en se déplaçant vers l'ouest.

A une plus grande échelle, un secteur d'accumulation maximale s'individualise entre les chenaux de Dardenne au sud et de Brouage au nord, alors que l'est de l'île d'Erre n'a connu qu'une progression modeste : c'est sans doute que les sédiments proviennent du nord et se déposent davantage sur les platins de Brouage et de Mérignac, la région au nord de Bourcefranc étant moins alimentée.

Les chenaux de Brouage et de Mérignac présentent deux «pointes-aux-herbes» l'une au nord et l'autre au sud de leur tracé ; le modèle explicatif de F. VERGER (1968, p. 294) est donc difficilement applicable, car l'orientation des vents susceptibles, à pleine mer, de pousser sur la rive opposée des sédiments fins ne peut varier sur une aussi courte distance ; elle ne peut être maintenue qu'en interprétant la pointe aux herbes du Grand Garçon, au nord du Havre de Brouage comme un dépôt réalisé par la dérive littorale nord-sud lorsqu'elle rencontre le courant du Havre de Brouage, la pointe aux herbes de Mérignac résultant de l'action des vents sur des eaux plus calmes.

Plus intéressant est le cas du schorre de la Côte Neuve, entre les chenaux de Dardenne et de Mérignac, dont la partie centrale progresse en direction du nord-

* La prise en compte des altitudes, (p. 207) permet de retenir la première hypothèse.

ouest. La carte à 1/25.000 et les photographies aériennes prises à marée basse en 1972 montrent que les chenaux de slikke ont tendance à se disposer de part et d'autre d'un axe médian, évoquant des «wadden» à topographie convexe, dont le tracé en plan du schorre marquerait une sorte de courbe de niveau.

Aux abords du Chapus et de l'île d'Erre, le littoral est partout frangé de claires à huîtres et de parcs : sa dynamique est largement perturbée depuis la Potane au nord jusqu'à la pointe de Bonemort au sud. On retrouvera ce trait sur la plus grande partie de la baie de Ronce, entre le Pertuis de Maumusson et le détroit du Chapus.

. traces de littoraux anciens

Au nord du Chapus, l'évolution ancienne du littoral qui correspond en partie à une faille *(figure 24)* ne peut guère être retracée : la richesse en sables du Crétacé inférieur et du Cénomanien permet l'existence de nombreuses flèches littorales entre les prises, ainsi que d'îles sableuses (au Bois de la Lande, à la Sinceaudière, près de Nodes, au Grand Nancras, etc...) réunies parfois par des cordons littoraux : à la base du cordon de Nancras, vers 0,90 NGF, des coquillages ont été datés de 900±70 BP, soit l'an mil environ (MC 2158) ; mais il est possible que la présence d'eaux douces dans ce cordon ait entraîné un échange des isotopes 12 C - 14 C. La bordure continentale est précédée d'une sorte de piédestal de quelques mètres de large en bordure du marais à la Sinceaudière et au nord de Nodes * ; malgré l'abondance des dépôts qui la recouvrent - essentiellement sables du Cénomanien plus ou moins remaniés, sables fins légèrement éolisés, limons - l'origine structurale de cette plateforme qui correspond aussi au toit des calcaires du Cénomanien moyen paraît devoir être retenue.

L'évolution naturelle du littoral du Marais de Brouage s'est donc orientée vers un colmatage de l'ensemble de la baie, de nos jours pratiquement achevé . Une progression vers l'ouest du littoral, phénomène naturel sans doute accentué par les endiguements successifs au cours de l'époque historique (M. BOUNICEAU, 1845), fossilisant ça et là d'anciens cordons littoraux semble s'être terminée depuis deux ou trois siècles. Dans la période récente, on assiste à un recul du trait de côte au nord et à une progression vers l'ouest au sud du Havre de Brouage : on retrouve ici un scénario déjà mis en évidence sur les rivages du Marais de Rochefort, et qui paraît donc être un phénomène général. Ce mouvement naturel, lié aux trajectoires des courants dans la Mer des Pertuis, peut être localement affecté par les travaux de défense (Monportail, Cagouillac....).

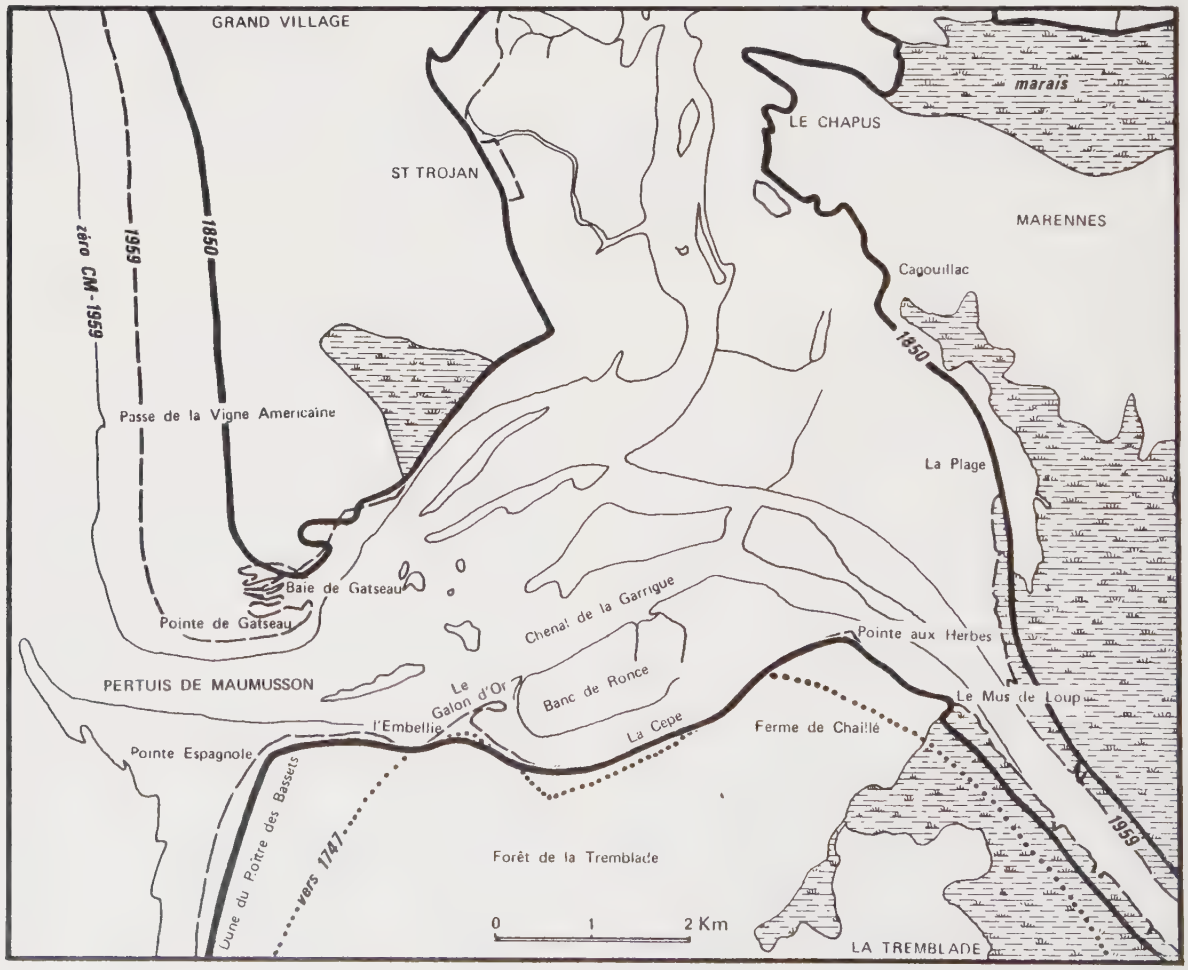


Figure 62 :

La Baie de RONCE ; évolution du rivage depuis le XVIIIème siècle,
d'après les cartes

* dans lequel on aurait volontiers espéré quelque plateforme d'abrasion marine.

4. Evolution des rivages de la baie de Ronce-les-Bains

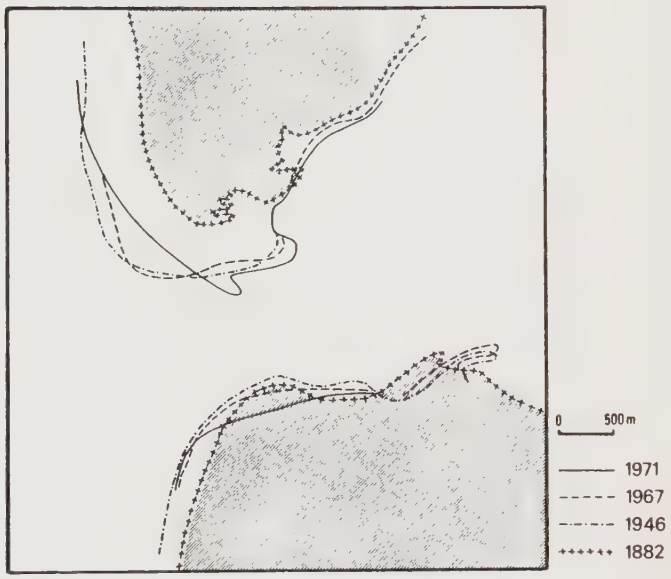
La baie de Ronce-les-Bains correspond à une série de fossés tectoniques, déblayés par une «paléo-Seudre», actuellement colmatés de sables et de vases ; la marée lui parvient par le détroit du Chapus au nord et Maumusson à l'Ouest alors que la Seudre a un débit fluvial insignifiant (7 m^3/s. encore en 1971). De forme grossièrement triangulaire, la baie de Ronce présente des bancs assez mobiles et des rivages dunaires longtemps mal fixés. La *figure 62* montre les grands traits de l'évolution telle qu'on peut la retracer depuis le XVIIIème siècle grâce aux cartes de MASSE vers 1700, de G. de LONGUEVILLE (1747, Archives du Génie) et la carte à 1/80 000 de 1850. Les variations les plus importantes ont affecté les rivages du Pertuis de Maumusson dont la largeur a diminué, passant de 2,5 à 1 km à marée haute. Ce croquis ne montre que les grandes lignes de l'évolution, car la nature du trait de côte porté sur les cartes concernant un littoral sableux est souvent incertaine ; l'étude des formes du relief littoral est sans doute plus intéressante.

a) Le Pertuis de Maumusson

De part et d'autre du Pertuis de Maumusson, les chaînes de dunes nord-sud de la forêt de La Tremblade, séparées par des plaines inter-dunaires (ou lettes), se prolongent en direction du nord dans la forêt de Saint Trojan, entre la baie de Gatseau et Grand Village. Vers l'ouest, les chaînes de dunes laissent la place à des plaines, très développées à Oléron, plus étroites au sud et interrompues par des amas linéaires de sables fixés sur des palissades au nord, appelées dunes littorales au sud. Les missions photographiques de 1974 montrent que le littoral est en cours d'érosion à Oléron, entre le débouché de la «Passe forestière de la vigne américaine» et la pointe de Gatseau, ainsi qu'au sud, au niveau de la dune littorale du Roitre des Bassets où des blockhaus gisent sur l'estran. Par contre, la partie intermédiaire, à l'est du Banc des Mattes semble être un lieu d'accumulation par suite de la progression même de ce banc. Le schéma de R. FRIDMAN (1951) a donc cessé d'être conforme à la réalité. La progression vers le sud de la pointe de Gatseau peut être suivie grâce aux photographies aériennes ; H. PINEAU (1970) en a retracé l'évolution. La *figure 63,* extraite de M. TESSON (1973) montre l'évolution du Pertuis au cours du dernier siècle.

b) De Maumusson à la Seudre

Au sud, le littoral entre la pointe Espagnole et Ronce-les-Bains n'a varié au cours du siècle dernier que de quelques dizaines de mètres dans son tracé général. De nombreux réaménagements locaux ont eu lieu, parmi lesquels l'accrétion du banc de Ronce, où le tracé des chenaux de marée indique une disposition «contraire» plus élevé près du chenal de la Garrigue que vers le litto-



croquis polystatique anisochrone

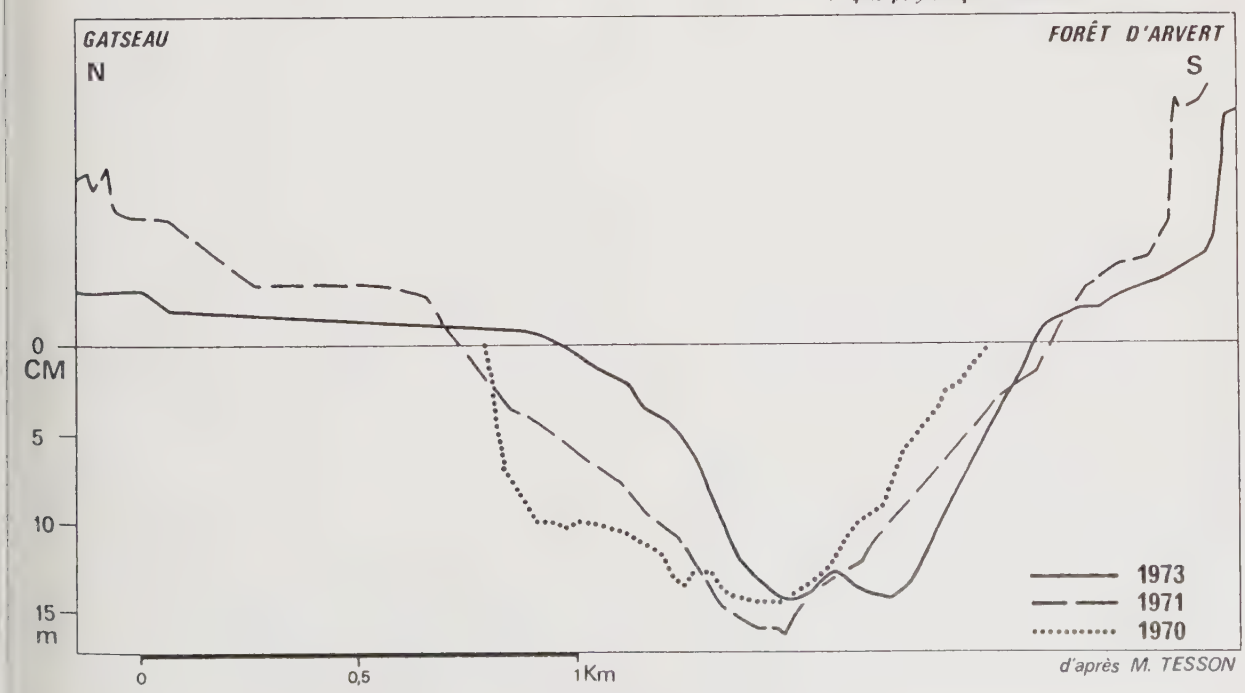


Figure 63 :

Le rivage du Pertuis de Maumusson
(d'après M. TESSON, 1973)

ral, la quasi disparition de la plage de Ronce, due sans doute à la construction d'une digue au profil insuffisamment étudié, et l'évolution de l'ensemble Baie de l'Embellie-Pointe du Galon d'Or.

La baie de l'Embellie est fermée par une courte flèche littorale, apparue depuis 1850 et dont la progression a fait l'objet d'études phytosociologiques de G. KUHNOLTZ-LORDAT (1926) et C. LAHONDERE (1972) ; elle a avancé vers l'est de près de 500 mètres en un siècle mais semble de nos jours stabilisée après avoir été très érodée il y a une dizaine d'années (LECLER indique que la racine en est rompue) ; le ralentissement du transit des sables à l'est de la pointe Espagnole en est sans doute la cause ; les levés du LCHF ainsi que de l'IGBA (M. TESSON, 1973), les images de satellites situent en effet des courants résultants vers l'ouest dans le chenal de la Garrigue, plus importants en bordure sud du Pertuis de Maumusson.

c) Le littoral sud-est d'Oléron

Le tracé du littoral entre Ors et Saint Trojan s'est avancé vers l'est depuis un siècle, des claires d'une largeur de 150 à 200 mètres ayant été établies en avant des digues existant à l'époque ; le tracé du schorre ne semble pas avoir progessé, en moyenne, de plus d'une quarantaine de mètres au maximum. Par contre devant Saint Trojan des atterrissements importants ont permis des endiguements au lieu dit Le Port ; une pointe aux herbes se développe au sud du chenal qui sort du port de Saint Trojan.

L'ensemble des rivages nord-ouest et sud de la baie de Ronce semble donc en voie de stabilisation, avec une tendance à l'engraissement près de Saint Trojan et de Ronce les Bains ; le littoral de l'embouchure de la Seudre présente des traits voisins, davantage perturbés par les installations anthropiques.

d) L'embouchure de la Seudre

Seul secteur d'érosion, la «falaise» de Cagouillac élevée de 2 à 3 m pour un kilomètre de long est entaillée à la racine du cordon littoral qui porte la plage de Marennes ; elle est frangée comme l'île de Nôle de graviers provenant de l'estran et du substrat du cordon ; ces graviers semblent à peu près stabilisés par la mise en place d'enrochements. La plage de Marennes est un cordon de sables fins témoignant d'un état de fait ancien, car il n'est plus de nos jours alimenté en sables (dont les caractéristiques granulométriques et morphoscopiques, voisines de celles des sables d'Arvert et d'Oléron, trahissent une origine commune). Une datation C 14 a donné 340 ± 60 BP (MC 2156) : c'est donc dans une formation très récente qu'ont été prélevées ces coquilles de *Cardium* et *d'Acanthocardium échinatum.* Un schorre envahi par les claires sauf sur 5 à 600 mètres devant les villas précède ce cordon.

Sur les rives de la Seudre, l'évolution du rivage qui pourrait être retracée serait d'abord celle des bassins de marais salants et des claires à huîtres. En comparant le «plan du bourg de La Tremblade» (sic) levé en 1698 par Cl. MASSE et les cartes actuelles, on observe le rétrécissement du chenal de la Seudre, qui passe entre La Tremblade et Marennes, de près de 1.000 m environ à 600 m au niveau des basses mers en assimilant la limite inférieure des «vases molles qui s'inondent à toutes les marées» à la ligne du Zéro des cartes marines, *(figure 45 p. 86).* Ce rétrécissement est lié à la progression de la Pointe du Mus de Loup, puis de la Pointe aux Herbes de Ronce-les-Bains dont la mise en place s'est effectuée en plusieurs temps, parfaitement lisibles dans les accumulations sableuses visibles sur les photographies aériennes *(figure 62)* : dans un premier stade, qui devait être achevé au XVIIème siècle, un littoral ouest-est marqué par une ligne de dunes se terminait à proximité de la ferme actuelle de Chaillé : des marais salants s'étaient installés en arrière, comme le montre la carte de G. de LONGUEVILLE «Lieutenant de dragons à l'escadron d'Arc-vert-La Tremblade», signalée par A. PAWLOWSKI (1904) et reproduite par J. DANIEL (1975). Dans une seconde phase, cette flèche a progressé jusqu'à sa situation actuelle, alors que se développait à l'ouest une vaste plaine sableuse sur le bri, à l'emplacement actuel de Ronce-les-Bains. Dans une troisième phase, la végétation sur les dunes du Galon d'Or diminuant l'alimentation en sables, les courants marins ont pu éroder quelque peu cette plaine près de la Cèpe et transporter le sable vers le nord-est, en direction de Ronce-les-Bains, contribuant ainsi à la formation d'une nouvelle flèche à Ronce. Cette troisième phase est postérieure à 1850, date du levé de la carte au 1/80 000 et n'affecte que des quantités modestes de sables. L'observation des photographies aériennes montre que de 1945 à 1974, un schorre comportant des claires ruinées a été progressivement envahi par le sable puis érodé à la pointe du Mus de Loup. Un «corps sableux», sorte de flèche d'entrée de baie, progresse ainsi vers La Tremblade ; cette modeste dérive de sable, depuis la baie de Ronce en direction de la Seudre ne paraît pas susceptible de contribuer au colmatage de la «rivière de Seudre». La conservation de ce chenal, alors que la sédimentation se poursuit en baie de Ronce paraît incompréhensible, surtout en comparaison du colmatage rapide du Havre de Brouage. Il est possible qu'un tracé rectiligne qu'enfilent les vents dominants et les diverses activités ostréicoles, (déplacements, «éclusages», curages, etc...) contribuent à entretenir une agitation permanente de l'eau, limitant la sédimentation.

Dans l'ensemble de la baie de Ronce-les-Bains, plutôt qu'à de grands changements dans le tracé du rivage, on assiste au réaménagement des formes littorales par un déplacement de masses sédimentaires de faible importance : rivage du Galon d'Or, de Ronce, de Marennes, littoral entre Gatseau et Ors, les rivages de Maumusson échappant à cette tendance générale en raison de l'importance des courants de marée en action sur un littoral sableux et battu des vents.

On peut se demander si le calibrage de ce pertuis qui semble maintenant réalisé - M. TESSON (1973) lui affecte une section mouillée pratiquement constante (figure 63) - n'est pas l'annonce d'une sorte d'équilibre dynamique des forces et des formes dans toute la région. Evidemment, il faut considérer ce concept d'équilibre dynamique comme la résultante de réajustements permanents des formes aux forces. Ainsi, un équilibre mobile à l'échelle de 1/10 000 et de l'année peut faire croire à de grands changements, alors que ces mouvements, à 1/50 000 et à l'échelle de la décennie ou du siècle apparaissent comme autant de réajustements permanents contribuant à une stabilité d'ensemble.

5. Les rivages orientaux de l'île d'Oléron

La partie orientale de l'île d'Oléron est constituée par une série de marais enserrés entre les dunes de Saint

Trojan au sud et des Saumonards au nord, et séparés par les presqu'îles des calcaires portlandiens d'Ors et du Château d'Oléron. Tout se passe comme si les sables accumulés sur la rive sud du Pertuis d'Antioche migraient vers le sud à certaines époques, favorisant la sédimentation du bri entre eux-mêmes et la plaine de calcaires portlandiens. Les photographies aériennes, contrôlées sur le terrain, montrent les cordons successifs orientés du nord-ouest au sud-est qui barrent les marais de Boyardville. Le cordon interne ou cordon de la Vieille Perrotine est très large dans sa partie distale alors que sa racine est tronçonnée, près de la forêt des Saumonards par des chenaux de marée ; il sépare des prises de marais de surface modeste à l'ouest, de prises plus larges à l'est. Un second cordon, orienté nord-sud porte Boyardville et rejoint le premier près de la Vieille Perrotine ; la dérive des sables des Saumonards a édifié un troisième cordon, actuellement en position littorale, orienté nord-ouest/sud-est et se terminant au nord du chenal d'Arceau par le poulier de la pointe de Bellevue. Interrompu par le canal de la Perrotine, le mouvement de ces sables crée des bancs dont l'originalité a été soulignée par M. TESSON (in G.P. ALLEN et *alii,* 1974) ; cette évolution entraîne le rehaussement des wadden au sud du canal et l'érosion de la côte face aux villas du sud de Boyardville.

a) Le rivage des Saumonards (figure 64)

Ce transit vers le sud des sables des Saumonards est l'écho de l'évolution de ce littoral orienté ouest-est. La flèche des Saumonards se caractérise par un aspect massif : 1 km de largeur environ pour 4 à 5 km de longueur ; composée de dunes serrées, hautes de 5 à 18 m et de forme parabolique, elle se termine à l'est du chemin de Beauregard par une série de levées de sable enserrant des plaines étroites et allongées ; cette flèche est comparable aux édifices de galets de Cayeux (R. REGRAIN, 1970) ou aux crochets sableux de la Pointe d'Arçay (F. VERGER, E. AUPHAN, C. MONIOT, 1972) ou au complexe du Marouillet (p. 91). Les sables de ces levées proviennent des fonds proches et de l'érosion de la racine du cordon des Saumonards, au sud de l'Anse de la Maleconche ; ils se sont déposés depuis le milieu du XIXème siècle puisqu'ils ne figurent pas sur la carte d'Etat-Major : la progression vers l'ouest serait donc de 150 à 200 mètres suivant les endroits, au nord de Boyardville, alors que le littoral a reculé d'une dizaine de mètres à la plage de la Gauterelle : absence de banquette d'accumulation comme au nord de Boyardville, présence de microfalaise, profil tendu sont autant de preuves géomorphologiques de ce recul. G.P. ALLEN et coll. (1974, p. 99), comparant des cartes de CASSINI (1770) et les cartes actuelles IGN 1959 associent ce recul à l'érosion du platier de Chassiron et du banc des Longées, qui ne réfractent plus les houles d'ouest.

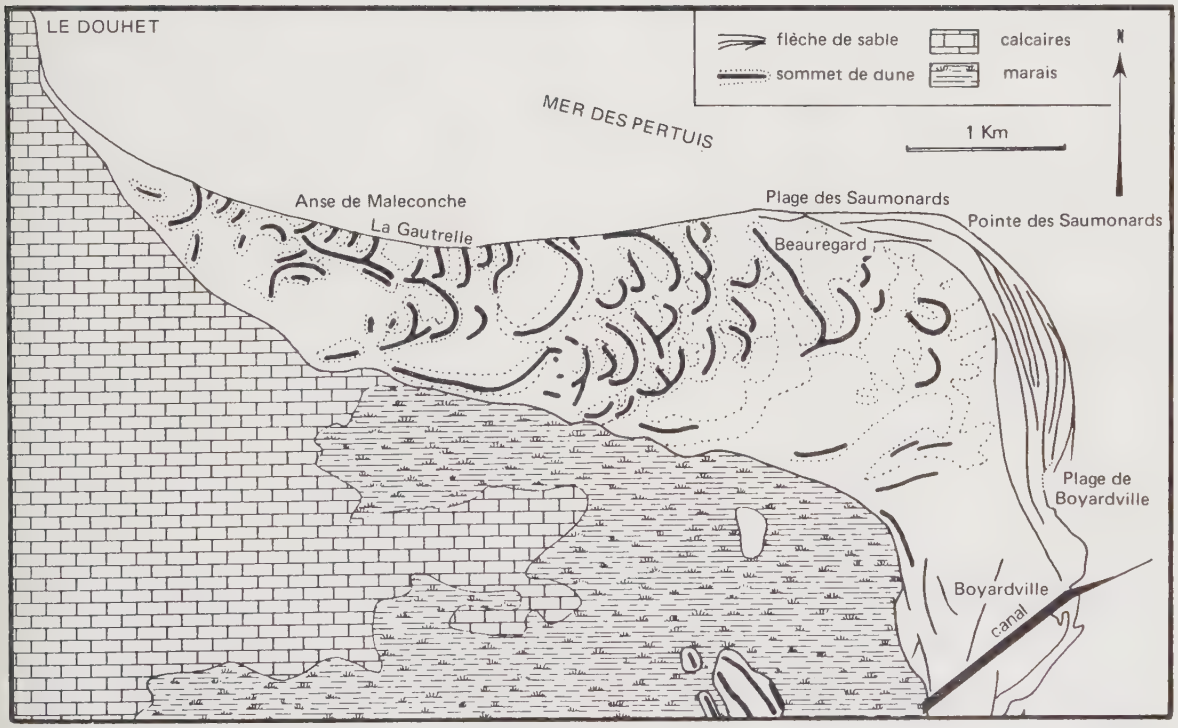


Figure 64 :
Les dunes de la forêt des Saumonards

Le tracé en plan des dunes des Saumonards, dunes paraboliques et «dunes en sabot de cheval» (J.P. FROIDEFONT, 1970 ; G.P. ALLEN et *alii,* 1974, p. 58), dont la concavité est tournée vers le quadrant ouest et dunes d'orientation subméridienne paraît plus curieux : pas de chaîne de dunes comme à Saint Trojan, en Arvert ou en Picardie, parallèles à une côte qu'abordent de front les vents dominants ; ici la côte est «longitudinale» par rapport aux vents dominants.

Dès lors la zone de déflation située en «amont» de la dune étant plus réduite que sur la plage, les vents d'ouest et de sud-ouest - par ailleurs ralentis et perturbés sur l'île - ne peuvent modeler que des dunes modestes, assez serrées, dont les crêtes se disposent à des intervalles de 200 à 250 mètres. Les vents du nord et du nord-ouest peuvent rompre les bras de ces dunes, comme à l'ouest, ou disposer longitudinalement les sables que les vents dominants dont la vélocité est réduite abandonnent.

Ainsi s'expliquerait la dune «méridienne» proche de Beauregard. C'est donc dans la disposition de cette flèche littorale par rapport aux vents dominants qu'il faut rechercher la cause principale de sa massivité, et dans la fréquence des vents du quadrant nord la cause secondaire de la dissymétrie des bras des dunes.

Depuis leur forestation au milieu du XIXème siècle, les dunes sont fixées et l'activité géomorphologique se limite au prisme littoral au sens strict : du sable, prélevé au nord-ouest sur l'estran mais aussi sur les fonds proches (J.P. BARUSSEAU, 1973 et ci-dessus, p. 56), alimente la progression vers l'est des accumulations sableuses.

b) La région orientale (figure 65)

L'évolution du littoral près du chenal de Boyardville est assez complexe : la dérive littorale érodait naguère la plage sableuse de Boyardville : LECLER indiquait vers 1965 un recul de 3 m/an alors que G.P. ALLEN & coll., 1974, signalent une légère tendance à l'engraissement, observable sur les photographies aériennes. Depuis la construction d'une digue en rive sud du chenal de Boyardville, les accumulations sableuses ont tendance à s'aligner au nord sur le delta qu'édifie ce chenal. Au sud de la digue, de grandes masses sableuses ne peuvent parvenir que lors des tempêtes : une série de barres de déferlement (swash-bars) modelées par des houles réfractées à l'entrée du bassin de Marennes-Oléron, se sont établies sur la slikke et paraissent stables depuis quelques années. Le milieu sédimentaire ainsi créé, avec barres de déferlement isolant des parties de slikke et de schorre assez rarement recouvertes par les marées peut sans doute être comparé aux milieux de sédimentation qui devaient présider au dépôt du bri lors de la transgression flandrienne. La flèche de Bellevue représente le dernier stade de la migration vers le sud des sables issus des Saumonards et en transit vers l'estran : cette flèche associée à une «grève de tempête» très étroite, semble moins large que ne l'indique la carte géologique de La Rochelle à 1/80 000 ; depuis un siècle elle a progressé de plus de 500 m vers le sud, et commence à pivoter vers le sud-ouest, enserrant des wadden abrités de même type que ceux situés au sud du chenal de Boyardville : la fermeture de cette petite baie de Bellevue semble donc être une question d'années. Alors, le chenal d'Arceau sera dans la même situation dynamique que le chenal de Boyardville dans les années 1970.

Plus au sud, des plages sableuses relaient les digues du sud de la Baudissière jusqu'au Château d'Oléron. Il s'agit de plages de sables vaseux, très étroites. Les amas sableux de Doux, en position de fuite de part et d'autre du Rocher des Doux, s'orientent au nord-ouest et vers Le Château d'Oléron. Une alimentation par les fonds du bassin de Marennes-Oléron, qui comportent un voile de sables reposant sur un bâti structural proche (M. TESSON, 1973, p. 30 ; G.P. ALLEN & *alii*, 1974, p. 77) est probable : le banc de Lamouroux, sables reposant sur des rochers d'âge portlandien représenterait

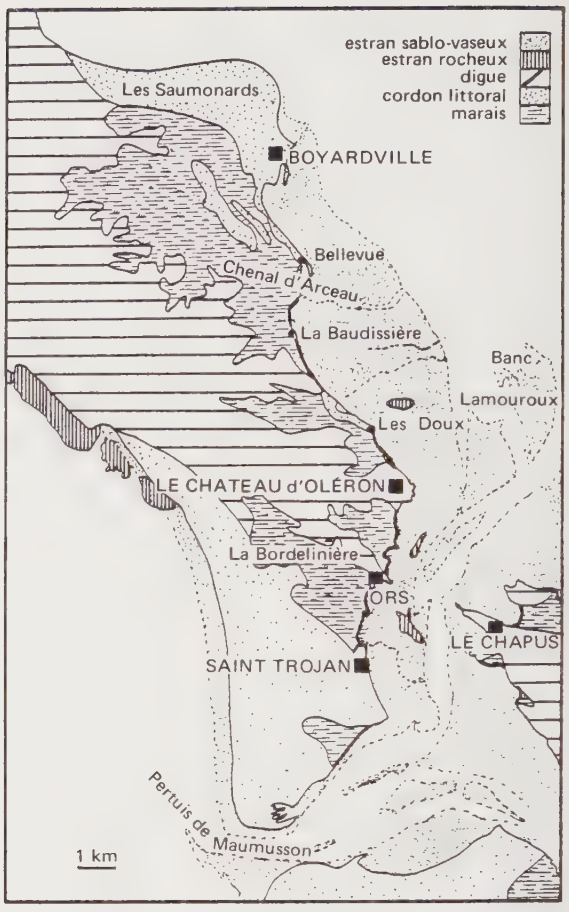


Figure 65 :
Le littoral oriental d'Oléron

le modèle initial, le rocher des Doux découronné de ses sables plaqués contre le littoral, un stade postérieur de l'évolution. Si cette origine est exacte, l'influence du cadre structural sur la disposition du littoral doit être notée, et la levée qui relie à marée basse les Doux à la côte serait un tombolo en cours de destruction ; la carte géologique à 1/80 000 indique un tombolo continu ; on retrouve ici une disposition d'accumulations littorales classiques en Trégor (J.P. PINOT, 1963).

A côté des secteurs de digues, les rivages orientaux de l'île d'Oléron présentent donc des flèches sableuses en cours de remaniement assez actif, dont témoignent les dunes de la Vieille Perrotine et des Saumonards ; les flèches de Boyardville, Bellevue et des Doux constituent autant d'esquisses de flèches périodiques de type «azoviennes» (ZENKOVICH, 1967, p. 515). L'évolution du tracé littoral ne peut se comprendre sans faire appel aux phénomènes d'ordre à la fois morphostructural, sédimentologique et hydrologique qui intéressent le bassin de Marennes-Oléron (rappelés supra, p. 49-68).

De La Rochelle à Maumusson et aux Saumonards se réalise, autour de la partie charentaise de la Mer des Pertuis, un réaménagement des formes littorales. A Aytré, à Chatelaillon, aux Fontaines, à Piédemont, Marennes, dans l'anse de Maleconche comme au sud de Boyardville, la racine des cordons littoraux - tous mis en place à l'époque historique - a tendance à reculer. Au rocher d'Yves comme au Galon d'Or, aux Saumonards, à Bellevue, l'extrémité distale des cordons sableux a tendance à progresser voire à s'arrondir en poulier. C'est un phénomène absolument général sur les cordons littoraux, mais leur disposition autour du bassin de Marennes-Oléron suggère que cette évolution globale est l'effet de combinaisons locales particulières de forces diverses, une sorte de système d'évolution littorale. Cette notion de système

introduite en Géomorphologie par A. CHOLLEY a été renouvelée récemment au Massachussetts Institute of Technology (J.W. FORRESTER, 1971) pour constituer l'«approche systémique» étude de l'ensemble des éléments (appartenant à différentes disciplines) en interaction permanente. Les tentatives successives de J. TRICART (1965, 1972, 1978) en particulier en ont montré l'intérêt pour la géographie physique et J. de ROSNAY (1975, p. 111) en a donné un exposé très accessible.

Si nous considérons la Mer des Pertuis comme un système hydrologique en mouvement, il est possible d'y identifier, avec M. TESSON, 1971 (in A. KLINGEBIEL et alii) des cellules hydrologiques ayant une certaine identité. Si l'action de l'une de ces cellules est d'éroder ses bordures, cette action sur le littoral entraîne une ré-action qui consiste en un certain déséquilibre dans la nature des matériaux en mouvement dans cette cellule ; la cellule tend alors à retrouver son équilibre en déposant au bout d'un certain temps, la totalité de cette surcharge : on peut ainsi comprendre la succession, sur une flèche littorale d'un secteur d'érosion, d'un secteur stable et d'un secteur d'accumulation, comme le montre le modèle dynamique qu'est une carte géomorphologique (F. VERGER, E. AUPHAN, C. MONIOT, 1972) ; l'étendue du secteur stable est une image au «temps de réponse» du système. Ce phénomène se déroulant dans les trois dimensions de l'espace, tout le système se trouve mobilisé pour rétablir l'équilibre et toute la cellule se trouve impliquée : réaménagement littoral et réaménagement des fonds sont ainsi dynamiquement liés : il y a interaction par exemple entre les fonds rigides du Coureau d'Oléron et le développement des dépôts littoraux, la faiblesse des courants de marée permettant les dépôts fins à l'est, leur piégeage et le transport des rares dépôts sableux littoraux à l'ouest. A l'inverse, la nature sableuse des rivages méridionaux de la baie de Marennes permet un mouvement important d'eaux et de sables à chaque marée, même si les effets géomorphologiques d'une telle débauche d'énergie sont modestes à l'échelle du siècle : la conservation du Pertuis nécessite un calibre minimum de la section mouillée, vraisemblablement atteint à Maumusson.

A une déformation latérale du contenant peut correspondre un mouvement du fond. C'est ici qu'un autre système action-rétroaction intervient, et cette déformation du fond - par mise en mouvements de particules sablovaseuses par exemple - peut induire une variation latérale du contenant, c'est-à-dire un réaménagement du littoral. Lorsque le fond est rigide - vis-à-vis de la force de déséquilibre en action - l'effet du déséquilibre peut se faire sentir sur une autre partie du littoral de la baie.

Les eaux du bassin de Marennes-Oléron, entre le Chapus et le parallèle de Boyardville constituent en première approximation une masse d'eau différente des eaux marines franches. Supposons que cette masse d'eau soit mise en mouvement, par exemple par l'onde marée franchissant depuis le nord-ouest, le détroit de Boyardville entre les Saumonards et l'île d'Aix. Elle rencontre deux masses d'eaux, les eaux de la Charente refoulées sur l'estran de Brouage et les eaux oléronnaises, refoulées en direction du banc Lamouroux. La première cellule (eau «charentaise») se déplace vers l'estran de Brouage en longeant les rochers des Palles, l'île Madame, Piédemont et parvenir obliquement sur la côte de Monportail où son action visera à disposer le littoral perpendiculairement (disons sur un axe Moëze - île d'Erre pour fixer les idées) : un transit nord-sud est ainsi assuré par une force orientée vers le sud-est, canalisée par un bâti structural de même orientation ; continuant son circuit, cette masse d'eau - dont les caractéristiques hydrologiques ont peu à peu varié, mais dont on considère ici principalement les effets dynamiques - se divise en deux veines au nord du détroit du Chapus, sur une ligne île d'Erre - rocher des Doux : l'une franchit le détroit du Chapus et entre en Baie de Ronce, l'autre aborde les estrans oléronnais, longeant le littoral, des Doux au chenal de la Baudissière. Arrivée dans ce secteur, elle a perdu la plus grande partie de son individualité et se confond - le long du littoral qui seul nous intéresse ici - avec la masse d'eau d'origine oléronaise qui, refoulée dans le Coureau a ému une dérive littorale nord-sud, à l'origine des constructions sableuses du delta de Boyardville, de la flèche de Bellevue, des sables des Doux.

Ce schéma s'inspire du modèle de circulation des masses d'eaux présenté par G.P. ALLEN & coll. 1974, p. 85. Dans ces hypothèses, si la dynamique des formes d'accumulation littorale peut s'expliquer par le mouvement des masses d'eaux dans la baie, la géomorphologie, même descriptive, constitue un moyen d'approche pertinent de la dynamique hydrologique actuelle, voire ancienne.

V - PHYSIONOMIE DES MARAIS CHARENTAIS

Entre Loire et Gironde, les marais littoraux paraissent si semblables, que le Marais Poitevin représente le type même du paysage de marais : des marais mouillés vers l'intérieur, inondés par les eaux pluviales et fluviatiles d'hiver, des marais desséchés à l'aval, protégés de la mer et des eaux fluviales par des digues ; çà et là quelques maisons ou «cabanes», volontiers assimilées aux «bourrines» du marais breton. En réalité, ce schématisme du voyageur pressé n'est qu'une abstraction simplifiante. Les Marais Charentais sont beaucoup plus variés, et l'opposition du bassin de Rochefort herbager, du marais de Brouage mélancolique que la culture du maïs semble vouloir réveiller, du bassin de la Seudre où les surfaces d'eau luisent au soleil tout au long de l'année mérite de retenir l'attention.

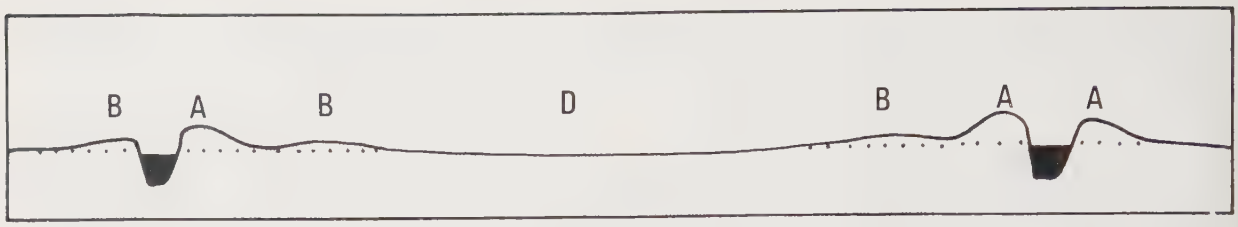
Trois types de paysages se partagent les Marais Charentais : les marais plats, les marais gâts et les marais ostréicoles. La nature et l'action humaine se combinent différemment pour créer ces divers types de paysage.

1. Les marais plats (R. REGRAIN, 1971, c ; 1974)

Nous désignons ainsi les marais dans lesquels la surface topographique est directement issue de la surface du remblaiement sédimentaire. Généralement entourés de digues, ils constituent le paysage classique des prises littorales, appelées aussi «polders». Leur utilisation première fut agricole, prairies ou labours ; elle persiste de nos jours.

a) le relief

Etudier les formes de relief dans les marais plats relève sans doute de la gageure (A. REYNAUD, 1971,



A : levées de curage manuel
B : levées de curage mécanique
C : fossé
D : forme en cuvette de la parcelle.

Figure 66 :
Disposition topographique schématique des «marais plats»

p. 17). Pourtant, ces espaces qui s'inscrivent dans la continuité de l'espace liquide (F. VERGER, 1968, p. 99) présentent des formes de relief assez variées, mais à très grande échelle. Si le relief d'origine naturelle est considéré, à tort, comme nul et négligeable, les formes du relief construites par l'homme, canaux, fossés et digues ne font guère l'objet d'études ; sans doute l'orientation naturaliste au sens classique de la géomorphologie (P. BIROT, 1954) en est-elle responsable ?

L'étude géographique des marais maritimes nécessite un véritable changement d'échelle et s'insère alors dans une géographie physique à l'échelle de l'homme.

A ce niveau, chaque parcelle présente des formes de relief assez variées. Elle a généralement une forme en cuvette due à la présence des levées de curage des fossés. Hautes de 40 à 80 cm, rarement 1 mètre, ces levées de curage ont une largeur de quelques mètres et un profil parfois légèrement convexe *(figure 66)*. Les engins récents de curage créent parfois une autre levée, interne par rapport à l'ancienne, qui n'était guère éloignée du fossé que d'un jet de pelle. Parfois les boues des curages récents sont dispersées sur la parcelle : la forme en cuvette subsiste néanmoins sur plus de 80 % des parcelles, surtout utilisées en prairies *(tableau 17)*.

Parcelles	% nombre	% surface
sans bourrelet	20,0	15,2
bourrelet sur un côté	0,4	1,2
bourrelet sur deux côtés	2,6	1,7
bourrelet sur trois côtés	0,7	0,7
bourrelet sur 4 côtés	76,3	81,2
Total	100	100

Tableau 17 :
Fréquence des bourrelets
dans 270 parcelles du bassin de Rochefort
(CERAFER, 1967)

Depuis la réalisation de cette enquête, un meilleur entretien des fossés a augmenté la classe des parcelles entourées de bourrelets de curage sur les quatre côtés, et nous croyons pouvoir affirmer qu'à l'exception des parcelles nivelées pour la culture du maïs (et non simplement d'anciennes prairies couchées en labours), près des 9/10 des parcelles entrent dans cette catégorie.

La plupart des marais plats comportent des zones basses, déprimées de 20 à 40 cm par rapport à la cote moyenne de la parcelle, souvent allongées et dont le tracé est sans rapport avec le réseau de fossés. L'eau stagne dans ces «nôles» souvent fort avant dans l'été. Leur sol est tourbeux et la végétation y rassemble *Juncus nigricans, Phragmites communis, Althaea communis.* Elles ont été interprétées comme d'anciens chenaux de marée (R. REGRAIN, 1971 c) et créent, à l'est de la route de Muron à Rochefort par exemple un paysage très humide : le sol est criblé de traces de piétinement du bétail entre les huttes de chasse aux canards.

Dans plus d'une parcelle sur trois, on rencontre des «beurlins», *(figure 67)* appelés «mottureaux» par F. VERGER (1964). Il s'agit de microreliefs de 1 à 2 dm de haut, séparés par des rigoles larges de 1 à 3 dm et de forme massive ou allongée. Ces microreliefs en dômes grossièrement hémisphériques ou allongés se regroupent soit de façon anarchique, soit selon une ou plusieurs orientations préférentielles *(figure 68* extraite de VERGER, 1964, p. 415) : ils couvrent de grandes surfaces dans les marais de l'ouest, Marais Charentais en particulier ; on en connaît dans la plupart des régions du monde, et ils semblent systématiquement associés aux terrains argileux et aux vertisols : il s'agirait d'un cas particulier des reliefs «gilgaï», connus en Australie.

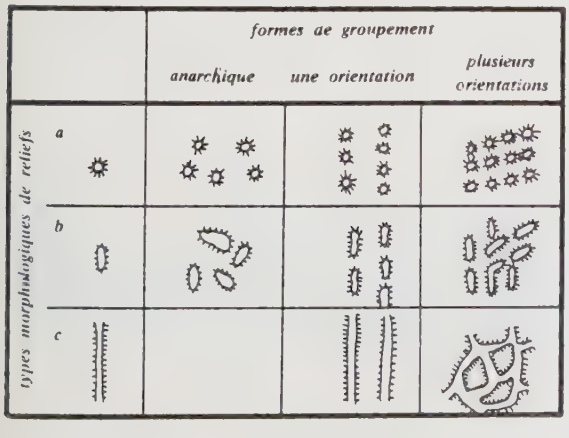
F. VERGER a montré que ces mottureaux étaient associés à des fentes dans le bri, créées lors des saisons sèches, le groupement en ligne pouvant avoir été favorisé par les labours anciens. Du matériel sec tombé dans ces fentes, réhumidifié serait à l'origine de leur croissance ; cette croissance annuelle serait cause de leur persistance, malgré les travaux de dérasement. La tendance des mottureaux en ligne à se développer dans les intervalles des anciens mottureaux nivelés *(figure in* F. VERGER, 1968, p. 446) s'explique de même, le sol protégé par les mottureaux, plus humide que celui des sillons, se desséchant davantage, les fentes y sont plus larges. Associés à des alternances dessiccation/humidification, les mottureaux étaient particulièrement spectaculaires en 1977 : puisque les fentes de dessiccation furent très développées pendant la sécheresse de 1976, et que l'hiver 1976-1977 fut très humide.

Jusqu'alors il semble que les mottureaux atteignent rapidement leur taille optimum, du moins en Charente Maritime ; leur croissance est ensuite ralentie,

Figure 67 :

Photographie de mottureaux (ou beurlins) près de l'Ile Marteau

Mottureaux en bordure d'une dépression naturelle (ancien chenal de marée), dans une zone alternativement humide et sèche. Levées de curage encadrant le fossé au second plan. Derrière les bâtiments de la Cabane de l'Ile Marteau, presqu'île de Broue à l'horizon.



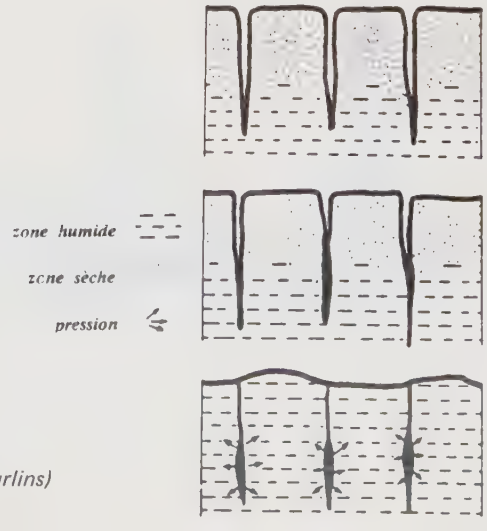


Figure 68 :

Disposition et genèse des mottureaux (ou beurlins)

extrait de F. VERGER, 1964

voire annulée : ainsi, aucun changement sensible de volume ou de forme n'a été observé entre 1969 et 1976 dans la parcelle située au nord du «Feu est» de Fouras.

A côté de ces mottureaux, qui apparaissent dans les prés, en présence ou non de bétail, existent toute une série de formes de taille voisine dues au piétinement des animaux : il s'agit de colonnes couronnées d'herbe, séparées par des sillons sans végétation (à la différence des mottureaux), fréquentes dans les secteurs de concentration du bétail, près des ponts (appelés ici «pas»), près des points d'eau ; les rives des nôles, les abords des fossés en sont souvent criblés. Les mottureaux ne présentent pas au contraire de localisation préférentielle.

Part de la surface de la parcelle couverte d'eau	% nombre de parcelles	% surface totale
0	18,6	15,3
0 à 9 %	0,3	1,2
10 à 24 %	12,0	13,0
25 à 49 %	22,0	26,1
50 % et plus	47,1	44,4
Total	100,0	100,0

Tableau 18 :

Les inondations dans le Marais de Rochefort

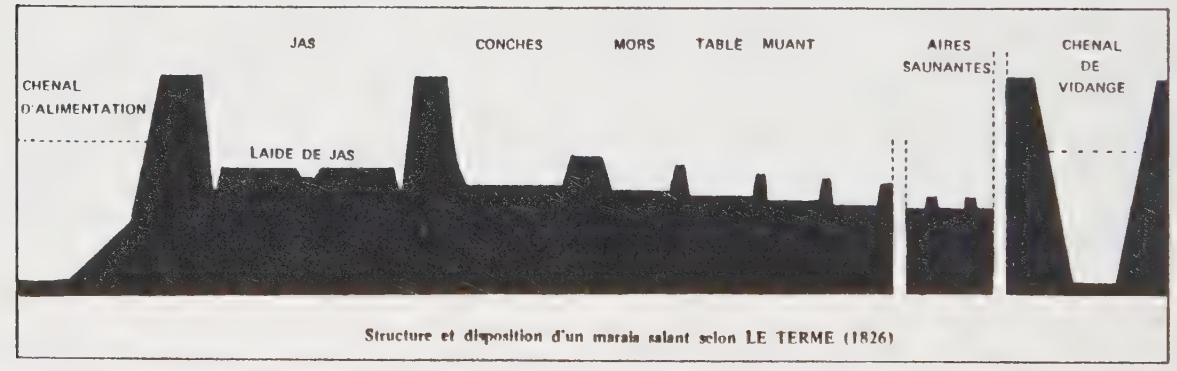
b) Le problème de l'eau

Le terme de marais est associé étymologiquement à la présence d'eau, voire d'eaux stagnantes. On est souvent déçu par les Marais Charentais sur ce point, car la sécheresse et la luminosité de la fin du printemps et de l'été «grillent» littéralement la végétation : dès juillet en année normale le marais a soif. L'hiver, l'eau ne recouvre pas le sol comme dans les parties internes du Marais Poitevin (marais mouillé). Pourtant l'eau est partout présente.

L'enquête effectuée par le CERAFER en 1967 a donné les résultats bruts suivants, pour le bassin de Rochefort où les marais plats dominent *(tableau 18)*.

Selon cette même enquête, 72,3 % de la surface du marais est inondée plus d'un mois et 32,2 % plus de quatre mois. Ces chiffres paraissent bien importants, et dépendent évidemment de ce que l'on désigne par parcelle recouverte d'eau et de la date d'observation, non précisées dans le rapport. En éliminant les fonds de marais gâts de la région de Voutron et qui représentent au maximum 5 % de l'ensemble du marais, il reste que plus du quart du marais serait inondé pendant l'hiver ; la durée d'inondation favorisée par la disposition même des parcelles, étant jugée bénéfique par un exploitant sur cinq.

Un réseau de fossés a été installé pour évacuer les eaux pluviales l'hiver et maintenir en été une certaine humidité dans le sol. Chaque fossé a en principe un sens préférentiel d'écoulement, et le réseau est conçu en fonction d'une écluse : ainsi le marais de la Petite Flandre et celui de Genouillé s'égouttent-ils par des écluses



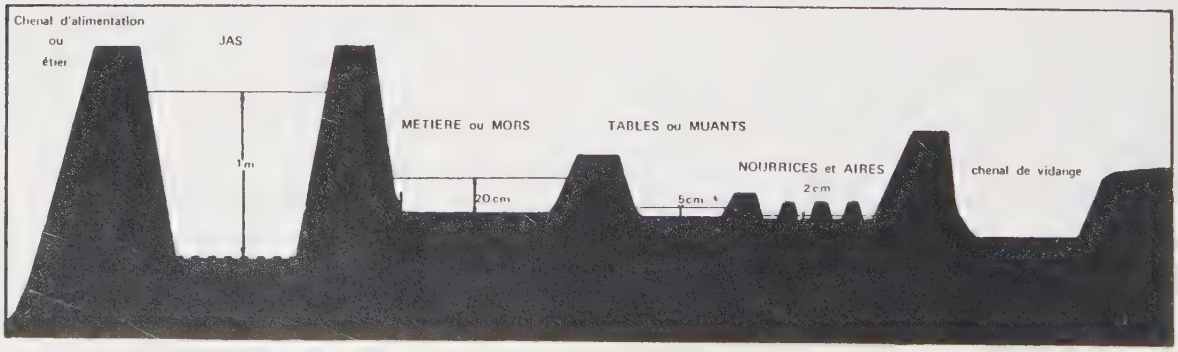


Figure 69 :

Niveaux des bassins de marais salants

d'après LE TERME, 1826 et LANCELOT, 1946

Les conduits sous les digues sont des cois (cœf.) fermés par des bondes (vareignes)

situées entre Rochefort et Tonnay Charente. Dans la réalité, les choses sont moins simples, car les fossés sont plus ou moins entretenus, en fonction des intérêts parfois convergents des herbagers, des maïsiculteurs et des pêcheurs. Les efforts actuels de rénovation des marais entraînent un nettoyage accru des fossés, surtout dans le marais de Brouage, alors que la partie interne du marais de Rochefort semble davantage délaissée.

2. Les marais gâts

La phrase de L. PAPY (1931) selon laquelle «c'est bien un cimetière que ce rivage» s'applique parfaitement aux anciens marais salants, appelés marais gâts : un cimetière de modalités d'aménagement (R. REGRAIN, 1976 c), toutes tendues vers la production manufacturière du sel. Le travail effectué a été si intense et si permanent durant des siècles que B. PALISSY (1580) ne voyait d'entreprise comparable que la construction de Paris ; aussi l'opinion prévaut-elle que nulle part on ne trouve de traces de marais non aménagés pour le sel, surtout à Brouage.

Est-ce dire que les formes anthropiques sont exclusives dans les anciens marais salants ? Définissons d'abord quelques termes : les marais gâts sont d'anciens marais salants abandonnés, «gâtés» et abandonnés comme peuvent l'être les terres de gâtines (J.M. COUDERC, 1971, p. 7). Les marais salants ou «prises de marais» comportent schématiquement trois parties, à l'intérieur de digues : le «jas» où est admise l'eau de mer, les «métières» où elle se concentre, les «aires saunantes» où se récolte le sel. Si les deux dernières catégories de bassins sont systématiquement creusées, rien n'indique que les jas aient été creusés partout : pour B. PALISSY (1580, p. 123) de tels travaux, s'ils se généralisent, ne sont pas indispensables.

L'étude systématique par photographies aériennes contrôlées sur le terrain, en particulier au cours de campagnes topographiques a montré que deux cinquièmes de la surface du marais de Brouage par exemple étaient formés de prises de marais dans lesquelles aucune trace d'aménagement humain n'était visible, pour lesquelles a été proposé le terme de marais plats.

Le relief des régions de marais gâts est donc assez varié et comporte des formes «banales», prés en cuvettes, chenaux, digues et fossés, décrites précédemment, mais aussi des formes originales dues à l'action humaine.

La *figure 69* montre les différences d'altitude censées exister entre les différentes parties d'un marais salant (d'après A.J. LANCELOT, 1946) et selon le rapport du sous-préfet de Marennes, LE TERME, en 1822. Ce dispositif organise l'écoulement lent des eaux depuis le **«coef»** d'entrée jusqu'aux aires saunantes. En réalité les différences d'altitude sont moins importantes que ne l'indique LE TERME, en raison du tassement des bosses séparant les bassins et aussi du comblement progressif des bassins par la végétation des eaux stagnantes. De toute façon, la comparaison de la figure ci-dessus et des profils réels (p. 207 *figure 133*) montre que ces schémas sont très théoriques.

Lors de l'abandon des exploitations salicoles et par suite du colmatage des **«coefs»** (conduits de bois sous les digues), des flaques d'eau indépendantes ou «nôles» ont été conservées dans chaque bassin. L'assainissement de la fin du XVIIIème siècle et du début du XIXème siècle s'est efforcé de réunir ces différentes «nôles» par des fossés, tracés au travers des bossis. La plupart des anciens bassins furent ainsi réunis, et l'opinion prévaut que l'eau dans le marais est à peu près partout à la même altitude. Cependant il subsiste encore des dépressions ou nôles à diverses altitudes et différents niveaux d'eau *(cf figures 119 p. 187 et 154 p. 223)*

En effet, la présence d'eau dans ces nôles est due principalement aux eaux pluviales et constitue des «nappes à éclipses, peu étendues et peu profondes» (L. DALIBON, J.P. MAS, P. SIMONNEAU, 1974). Elles se maintiennent et stagnent sur un substrat très fin, riche en matières organiques. Très répandues dans les anciens jas, presque toujours bordées de traces de piétinement, elles sont le lieu d'élection des joncs, voire des roseaux. Leur extension et leur dynamisme peuvent être suivis sur la carte phyto-écologique au 1/5 000 réalisée par l'Office interdépartemental de lutte contre les moustiques (J. COUSERANS, A. GABINAUD, J.P. MAS, P. SIMONNEAU, 1972).

Les formations végétales renseignent en effet (H. GAUSSEN, 1938 ; J. BRAUN-BLANQUET, 1949 ; G. LONG, 1974) sur les conditions du milieu et précisément sur le caractère saumâtre ou non des nappes à éclipses ; J.P. MAS et P. SIMONNEAU (1973) ont montré l'intérêt des levées phytoécologiques pour la démoustication des Marais Charentais ; la *figure 70* résume selon ces auteurs la position des principaux groupements végétaux en fonction de la topographie et de la salinité des eaux. On note l'absence des formations halophiles ou saumâtres dans la plus grande partie du marais de Brouage, remplacées par des formations dulçaquicoles pélophiles et les graminées des pâturages. Pourtant des halophiles peuvent subsister dans les marais gâts en bordure du littoral, en particulier près de cordons littoraux (ferme du Dauphin, marais gâts des Tannes), mais il s'agit toujours d'individus ou d'espèces non pas dominantes mais occasionnelles, voire accidentelles selon la terminologie phytosociologique. Les différences sont cependant minimes entre le relevé ponctuel et le schéma synthétique ; la description donnée par L. DALIBON et J.P. MAS (1976) de la végétation à l'île de Ré présente le même type de différences avec le schéma général.

Un cas particulier est celui des marais gâts réutilisés en marais à poissons : l'admission d'eaux salines entraîne une pénétration des halophytes les moins exigeantes, comme *Halimione portulacoïdes* (marais de l'Eguille). Ce type de formations végétales se généralise en bordure des claires à huîtres.

3. Les établissements ostréicoles

Une partie des Marais Charentais est occupée par les bassins d'élevage des huîtres appelés claires. Ces paysages ont donné lieu à de très nombreuses descriptions (L. PAPY, 1941 ; H. ENJALBERT, 1960 ; M. LAVERGNE, 1972 , J. MOREAU, 1972 , R. REGRAIN, 1976 c) aussi se bornera-t-on à en rappeler les caractères principaux, davantage développés dans le chapitre suivant.

Un paysage de marais salants et de marais gâts a progressivement été transformé en bassins à poissons et claires à huîtres. L'eau de mer y parvient par la Seudre et par de nombreux chenaux de marée, plus larges que ceux que l'on peut identifier dans le marais de Brouage : ainsi le chenal de Pelard mesure-t-il plus de 100 mètres

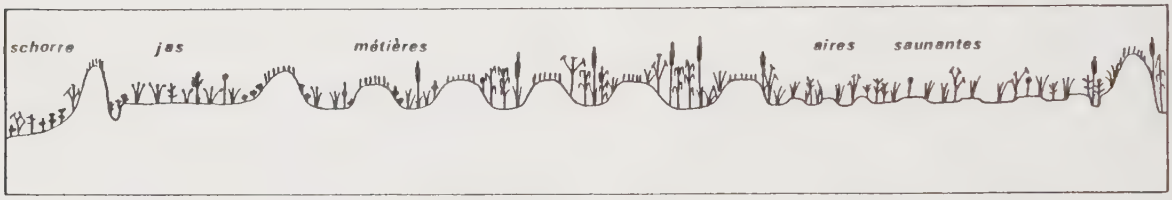
à son confluent avec la Seudre, (près de 500 mètres entre les digues de la Prise à Maillard et de la Grande Doue) et encore 80 m à 5 km en amont, près du Port Paradis à Nieulle-sur-Seudre. L'arrivée d'eau de mer ayant toujours été une nécessité pour le sel comme pour l'huître, de vastes chenaux ont été conservés.

L'activité ostréicole s'est substituée progressivement à l'exploitation salicole en réoccupant les différents bassins réaménagés en claires. Les exemples abondent de part et d'autre de la Seudre ; la *figure 71* montre ces claires près de Chatressac. Alors que les jas sont le plus souvent abandonnés aux prairies, métières et aires saunantes furent réaménagées en claires et, légèrement recreusées. Cette substitution ne fut pas totale : des bassins situés en amont furent abandonnés ou conservés en marais à poissons.

Les «sartières» situées en aval de la dernière digue se couvrirent de claires aux formes assez irrégulières qui constituent l'un des éléments les plus inattendus de ce paysage, observable par exemple du haut du Pont de La Tremblade et que rendent bien les photographies aériennes verticales ou obliques *(infra, figure 119).*

La très grande variété des paysages à la fois géomorphologiques, végétaux, et humains des Marais Charentais montre que ce n'est qu'aux échelles moyennes qu'ils peuvent paraître monotones. Leur diversité même nécessite l'emploi de plusieurs méthodes d'étude : comment analyser de la même façon, par exemple, les sols des marais plats et ceux des marais gâts ? Quel intérêt agronomique pourrait avoir l'étude des sols des diguettes des claires à huîtres ? Là où les accès sont relativement aisés (marais plats) et là où tout profil rectiligne nécessite des détours considérables, la recherche topographique par exemple ne peut se concevoir de la même façon. On conçoit qu'à l'échelle locale, entre le 1/25 000 et le 1/5 000 par exemple, thèmes et méthodes ne puissent être exactement les mêmes que pour une étude générale. L'approche taxonomique est donc nécessaire, dans les paysages de marais gâts et de claires à huîtres en particulier.

Ainsi que le montre le transect de la végétation, c'est bien l'eau qui commande l'utilisation possible des marais, par delà leur géomorphologie et les capacités de contribution financière des exploitants. Mais la présence des eaux marines et des eaux continentales ou «doucin» n'a pas la même valeur. Alors que l'ostréiculteur redoute le doucin, par exemple celui des marais de Saint Augustin débouchant en Seudre, le cultivateur doit se protéger des méfaits de l'eau salée et rejeter en mer ou dans les canaux le maximum d'eaux douces en saison pluvieuse.



Halimione portulacoïdes
Salicornia radicans
Sueda maritima
Aster tripolium
Scirpus maritimus
Scirpus lacustris
Salsola soda
Atriplex hastata
Phragmites communis
Typha angustifolia
Festuca arundinacea

Figure 70 a :

Profil schématique des groupements végétaux de marais gâts en position littorale

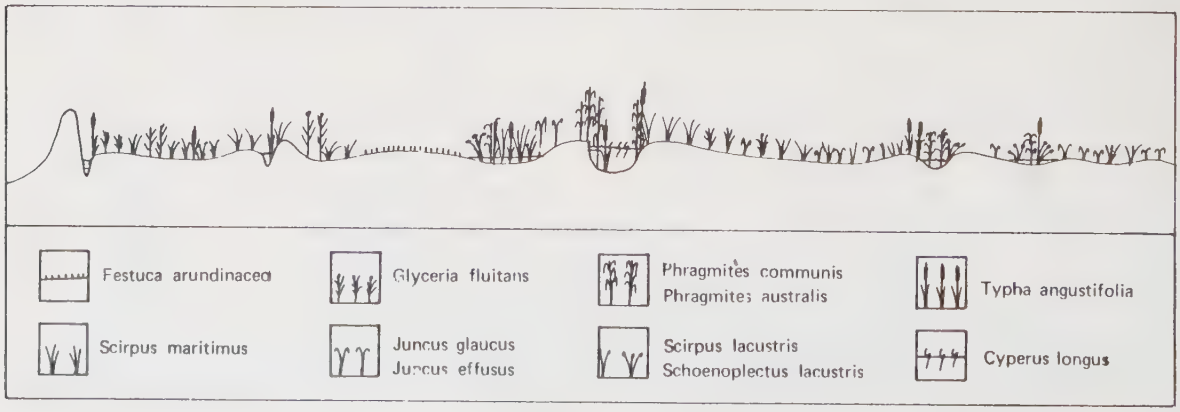


Figure 70 b:

Groupements végétaux principaux dans les marais plats
d'après MAS et SIMONNEAU, 1972

Figure 71 :

Paysage ostréicole entre Chatressac (au NW) et Mornac (au SE).

Anciens marais salants couverts de claires de substitution, claires en position frontale gagnant sur la Seyrre, marais plats de Soulé (Le Gua) sur la rive nord, en haut (cliché IGN FR 760 - 150 - IR nº 1359)

La faible pente des canaux, la distance à la mer, le dynamisme très inégal des exploitants entraînent à concevoir de nos jours un assainissement en casiers isolés, conduisant à rejeter à l'extérieur du casier les eaux inutiles, source de conflits encore larvés : des casiers assainis d'agriculture moderne ayant bénéficié de travaux importants troublent çà et là l'apparente monotonie des paysages de marais. Jusqu'à quand ce type d'aménagement sera-t-il compatible avec les anciens paysages construits par l'homme ? Est-ce un nouveau cas de substitution ou le début d'un déséquilibre ? Sans aller plus avant qu'une simple description, on ne peut qu'être frappé par l'aspect de marqueterie des unités physionomiques du paysage, et s'interroger sur leur degré d'évolution et de stabilité. Certes les paysages sont variés et certains écologistes pourraient voir là une preuve de richesse et de stabilité ; il est sans doute plus urgent de comprendre comment fonctionnent **spatialement** *ces différentes unités que de leur accorder, au moins à priori, une certaine valeur qualitative.*

3 - L'homme et le prisme littoral charentais

« L'homme a si bien pris part à l'évolution littorale qu'il a fait du déplacement de celle-ci un chapitre de sa propre histoire». (A. BRIQUET, 1930 b, p. 41).

Les principaux aspects du paysage des marais charentais montrent que leur grande originalité provient de l'importance de l'action humaine en tant que constructeur de paysages «naturels». Certes, les milieux abandonnés par le retrait de la mer devant ses alluvions étaient et restent assez variés, mais les hommes ont construit des paysages particuliers. Cela est particulièrement net dans les prises de marais enserrées de digues, mais aussi sur les cordons littoraux de Chatelaillon, des Fontaines, de Plaisance ou de Marennes, parfois repris par la mer en raison d'interventions maladroites d'aménageurs insuffisamment informés.

Il serait sans doute fastidieux d'étudier un à un ces milieux et de montrer ce que l'homme a pu en faire. Nous avons exposé ailleurs le rôle du sel dans l'aménagement de l'espace (R. REGRAIN, 1976 c).

Nous nous bornerons donc à présenter comment le paysage des marais charentais fut perçu et aménagé, en insistant sur les modalités de contrôle de cet espace particulier sous ses trois aspects principaux, les marais entourés de digues, les marais gâts et les marais ostréicoles.

I - GÉOSOPHIE DES MARAIS LITTORAUX ET AMÉNAGEMENTS.

Les formes d'utilisation des marais littoraux ont varié au cours des âges et les paysages actuels gardent les stigmates de ces différents aménagements. A chaque époque, l'aménagement a été réalisé en fonction de l'utilité perçue des terrains apportés par la mer ; de nos jours encore s'établissent des conflits entre les éleveurs considérant les marais comme des terrains de parcours du bétail, les pêcheurs et chasseurs souhaitant peu ou prou que rien ne perturbe le paysage familier, les entrepreneurs agricoles pour qui l'assainissement et la culture du maïs sont des activités à développer dans l'ensemble du marais.

En 1947, J.K. WRIGHT a proposé le terme de géosophie pour désigner l'ensemble des images perçues concernant un espace donné.

Ainsi définie, la notion de géosophie se situe à la base des projets d'aménagement, qui représentent la projection dans l'espace de cette géosophie. Très schématiquement, l'époque antique ne semble guère avoir songé à utiliser les slikkes et les schorres ; les époques médiévale et moderne (du Vème au XVIIIème siècle) y ont installé des marais salants ou des terroires agricoles; l'époque contemporaine (jusque vers 1970) les a abandonnés au pacage des bestiaux, la période actuelle étant marquée par une généralisation de cultures surtout céréalières ; parallèlement, les rives de la Seudre se sont couvertes de claires à huîtres. Après avoir discuté la notion de géosophie, on envisagera les rapports de l'Homme et des Marais Charentais plus sous leurs aspects spatiaux que psychologiques.

1) La Géosophie

La géosophie pourrait représenter une part essentielle de l'histoire de la géographie ; en fait, la plupart des études rangées sous ce thème ont trait à la biographie des géographes (P. PINCHEMEL, 1973) bien plus qu'à l'histoire des paysages qui constitue la véritable géographie historique*.

Le thème des marais, refuge de populations attardées, repris dans les ouvrages de vulgarisation du XIXème siècle, par exemple par Th. LAVALLÉE et J. VERNE (1868) qui décrivent l'habitant du Marais Poitevin «casanier, peu ambitieux et (qui) borne le monde entier à l'horizon de sa paroisse», est l'un des plus féconds de la littérature, et aussi l'un des plus couramment admis. En Poitou, les «colliberts» qui habitaient le marais étaient des populations en marge de la société, soit des repris de justice, soit des anarchistes, soit des individus trop amoureux de la liberté ; en Saintonge même, dans le marais, le «cabanier» habite des «cabanes», le «boisselier» vit dans les bois alors que le paysan de la plaine habite une véritable maison (G. MUSSET, 1882).

2) Les conquêtes sur la mer

a) avant le Second Empire

La présence, en bordure de mer, de régions couvrant plusieurs centaines d'hectares, relativement peu utilisées en même temps que méprisées, est une des caractéristiques des marais littoraux français, où l'imagination populaire a toujours situé des phénomènes extraordinaires : VALMONT-BOLMARE (1791)

* Cette distinction n'est pas admise par tous : P. PINCHEMEL, 1970, p. 621 affirme que «l'histoire de la géographie est l'histoire de la perception par l'homme de son environnement».

n'écrivait-il pas (à propos de la Guyane, il est vrai) que les chenaux que l'on voit sur la vase étaient des traces de reptiles de grande taille ?

Peuplés d'individus plus ou moins originaux, les marais littoraux sont perçus comme une région de voisinage difficile, voire dangereuse. Pourtant à la fin du XVIIIème siècle de nombreuses demandes de concessions furent établies. Le Sieur de Fouchy, par exemple, (Arch. Dép. Charente Maritime C. 176) demande la concession de «lais et relais de mer situés en pays d'Aunis» entre Sèvre Niortaise et Charente, plus de 12 000 arpents au-dessus du niveau des basses mers de marée d'équinoxe *(figure 72)*. Un délai de dix années est accordé pour les terrains couverts par la mer lors des marées d'équinoxe, vingt ans pour les terrains couverts par les marées ordinaires, etc... trente ans pour les terrains «qui ne sont découverts par la mer que dans les marées des équinoxes» : très évidemment tous ces terrains n'ont pu être endigués. En 1779, des lais de mer situés entre la Seudre et Brouage concédés au Duc de Richelieu (Bib. Mun. La Rochelle, manuscrit 2439) sont rapidement endigués : un «mémoire en réponse à la lettre du Contrôleur Général, écrite à l'Intendant d'Ablois par le sub-délégué de Marennes» le 19 août 1780 (Arch. dép. La Rochelle, C. 196) note : *«Les progrès des défrichements dans la subdélégation de Marennes, en vertu des règlements de 1764 et 1766, encouragés par des exemptions (fiscales) accordées à ceux qui s'y livreraient, ont eu l'effet qu'à compter de 1768 qu'ont commencé ces défrichements jusque et y compris 1779, il y a près de 12 000 arpents de terrains mis en culture, dont 400 arpents qui longent les bords du Havre de Brouage et les côtes de Nodes qu'on ensemence de grains, qui étaient couverts par la mer aux grandes marées»*. Il s'agit vraisemblablement des marais de la Cabane Salée et du Cœur Volant, situés entre Hiers et le Havre de Brouage *(figure 73)*.

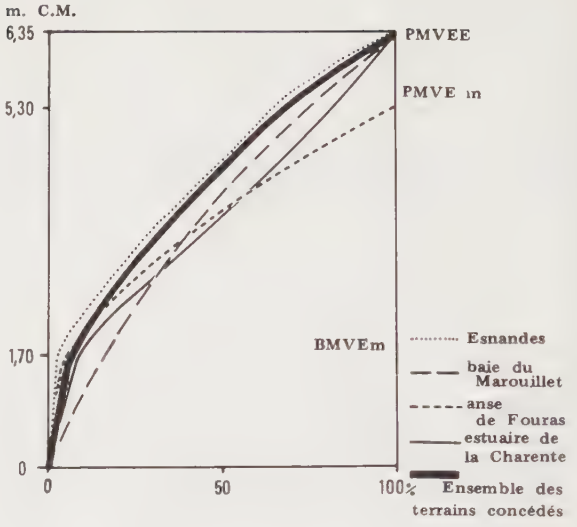


Figure 72

Terrains concédés en 1773 au Sieur de Fouchy et niveaux de marée

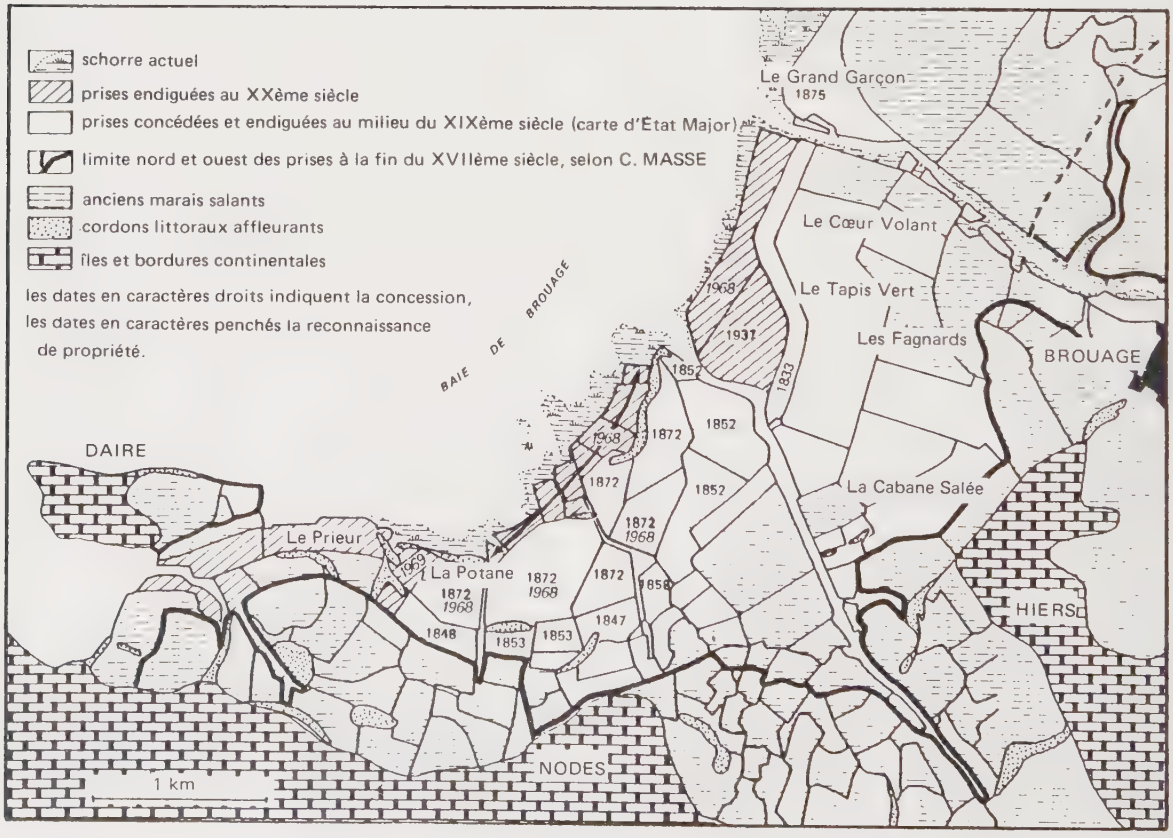
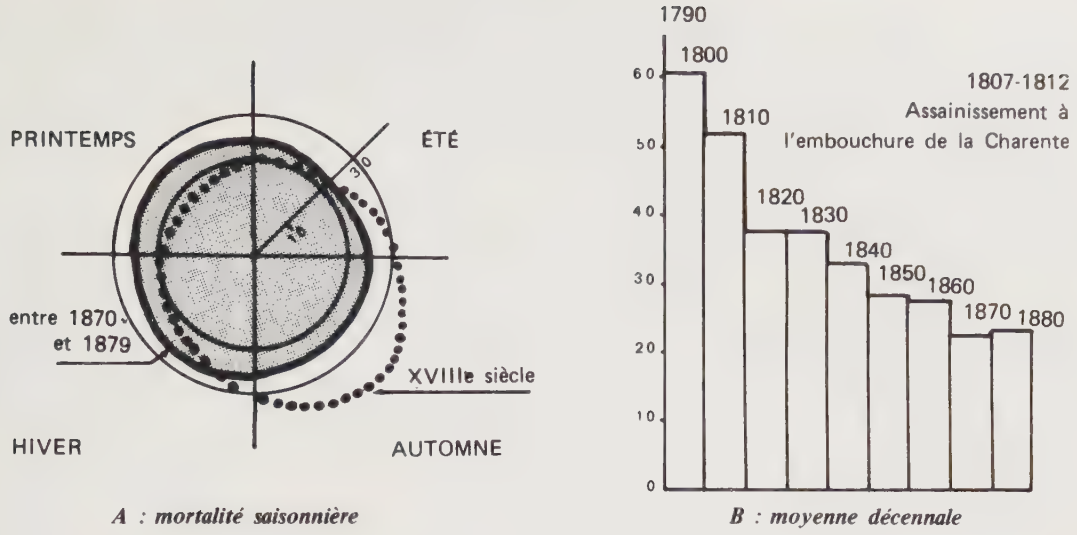


Figure 73

Les conquêtes sur la mer au sud du Havre de Brouage



A : mortalité saisonnière — *B : moyenne décennale*

Figure 74

La mortalité à Rochefort de 1790 à 1880, en ‰
(Extrait de BOURRU, 1884)

Mais ces conquêtes littoraies ne peuvent faire oublier l'état d'abandon dans lequel était l'ensemble des anciens marais salants vers 1780, malgré les efforts de Guéau de REVERSEAUX : la mortalité dépassait alors des deux tiers les naissances dans le canton de Saint-Agnant ; en automne, alors que l'on notait à Bordeaux un «minimum secondaire (du taux de mortalité) plus ou moins accentué» (P. GUILLAUME, 1972, p. 137), H. BOURRU (1882) montre une recrudescence de la mortalité due aux fièvres paludéennes, à Rochefort même *(figure 74 A)*.

Au début du XIXème siècle, le rapport du sous préfet de Marennes, LE TERME, noircit sans doute un peu la situation, pour obtenir les moyens de lutter contre l'insalubrité de sa circonscription : *«les vastes et innombrables excavations des canaux, ruissons, jas, conches et champs de marais sont au contraire plus ou moins couvertes d'eaux marécageuses où s'amoncellent avec une égale rapidité la vase, les roseaux et les poissons. Echauffés par les ardeurs de l'été, ces divers objets, et surtout les anguilles entassées en véritables bancs d'un et jusqu'à deux pieds d'épaisseur, fermentent, se corrompent et exhalent au loin tous les miasmes de la plus horrible putréfaction. Des nuées de moustiques et d'insectes remplissent cet air méphytique et l'arment encore d'un nouveau fléau»* ; aussi la mortalité dépasse-t-elle le treizième de la population, valeur déjà atteinte en 1779-1782 (enquête de REVERSEAUX). Même si, sous la Restauration, il n'est pas surprenant qu'un haut fonctionnaire insiste sur les méfaits des périodes révolutionnaire et napoléonienne, on a peine à croire les données chiffrées de LE TERME, sur les prétendus bancs d'anguilles en particulier. Les médecins rochefortais, au cours du XIXème siècle, se sont efforcés de montrer que la réputation de ville malsaine faite à Rochefort était largement dépassée. Dès 1854, SAUVE insistait sur la salubrité de l'air de La Rochelle, et en 1882, H. BOURRU, au congrès de l'Association française pour l'avancement des Sciences affirmait (p. 710) «si la réputation de Rochefort, à cette heure, est encore mauvaise, c'est une vieillerie qui n'est plus de saison» ; il montre que les fièvres paludéennes ont reculé *(recul de la mortalité automnale sur la figure 74 A)*, et que la mortalité à Rochefort a brutalement diminué au cours du XIXème siècle, en liaison avec l'assainissement des marais *(figure 74 B)* : l'homme est ainsi passé d'une phase où il subissait les agressions naturelles à une phase où c'est lui qui «domestique» les contraintes naturelles.

On sait par ailleurs que l'espérance de vie à Rochefort était statistiquement voisine de 19 ans. Les affirmations sur le caractère funeste des régions de marais persistent à la fin du XIXème siècle, dans le Grand Dictionnaire Universel de P. LAROUSSE paru en 1873 par exemple.

Les rares auteurs qui ont visité les marais nuancent parfois ce cliché, dans un sens ou dans l'autre. V. HUGO (1843) qui a vu au bout d'un mauvais chemin traversant une contrée marécageuse «le village malsain de Brouage... avec des ruines du temps des guerres de religion (sic)... et ses spectres qui grelottent devant les portes en plein midi» (1843, p. 85) fait écho à Marie MANCINI *(in* L. PAPY, 1941 b, p. 223) qui parlait déjà du «méchant air de Brouage». J. VERNE (1868) n'a pas traversé les marais charentais lorsqu'il écrit sa «Géographie de la France», mais il évoque correctement l'activité des «paludiers» du Croisic ou les paysages du Marquenterre qu'il connaît directement ; pour les autres régions, il répète les clichés en usage, les nuançant toutefois en insistant sur le caractère de terres à conquérir de ces espaces (R. REGRAIN, 1970).

b) depuis le Second Empire

En effet, le Second Empire ouvre une nouvelle période dans la géosophie des marais français, littoraux comme continentaux : ils deviennent grâce aux travaux commencés au début du XIXème siècle et sous la pression démographique sans doute, autant de terres à conquérir pour l'agriculture.

Toutes les géographies départementales qui fleurissent à l'époque insistent sur ce fait, de J. VERNE (1868) aux différentes éditions des guides JOANNE (1869 à 1912). C'est en effet à cette époque que l'ex-

pansion démographique permet à la fois l'exode rural et la conquête de nouveaux terroirs : F. VERGER a situé alors la dernière vague de prises littorales (1968, p. 469). La comparaison de la première carte d'Etat-Major et des cartes modernes permet de montrer que les endiguements ont fleuri entre Brouage et Bourcefranc, alors que les canaux du marais de Brouage étaient recalibrés et nettoyés. Dans la fièvre, on concéda même en 1872, des terrains jusqu'au niveau des pleines mers de morte eau, mais les travaux ne commencèrent parfois qu'au XXème siècle, au sud des Cabanes de Nodes à Bourcefranc par exemple *(figures 73 et 75)*.

Toutefois les prises de marais nécessitent un entretien continu, d'ailleurs fixé par la règlementation (cotisations syndicales, entretien des fossés et des chemins) qui les différencie nettement des «terres hautes». L'exode rural a vidé les Marais Charentais de leurs derniers habitants : il n'est plus guère que trois fermes assises sur le marais, les autres étant sur les îles et les bordures continentales. Les mutations foncières ont fait qu'une majorité d'exploitants résident loin du marais et ne considèrent guère ce dernier que comme un ensemble de prés où le gardiennage des animaux est réduit à sa plus simple expression : selon l'enquête du CERAFER en 1966, 30,5 % des surfaces du marais de Rochefort étaient situées à plus de 10 km du siège de l'exploitation ; ce pourcentage atteignait 53,8 % dans le bassin de Marennes. Même lorsque l'exploitant réside à proximité, la propriété citadine bourgeoise reste importante : plus de 55 % à Loiré, plus de 40 % à Saint-Laurent, 32 % à Yves, mais surtout la propriété nobiliaire - fait exceptionnel en Charente - est notable : 15 % à Loiré et Saint-Laurent. J. PROVEUX à qui nous devons ces renseignements (ce dont nous le remercions), avait noté dès 1972 l'importance de la propriété citadine dans le marais (carte p. 470) et estimé que le malaise paysan trouvait là une de ses origines. Les Marais Charentais étaient donc devenus - superficies ostréicoles exclues - des espaces consacrés à un élevage bovin extensif.

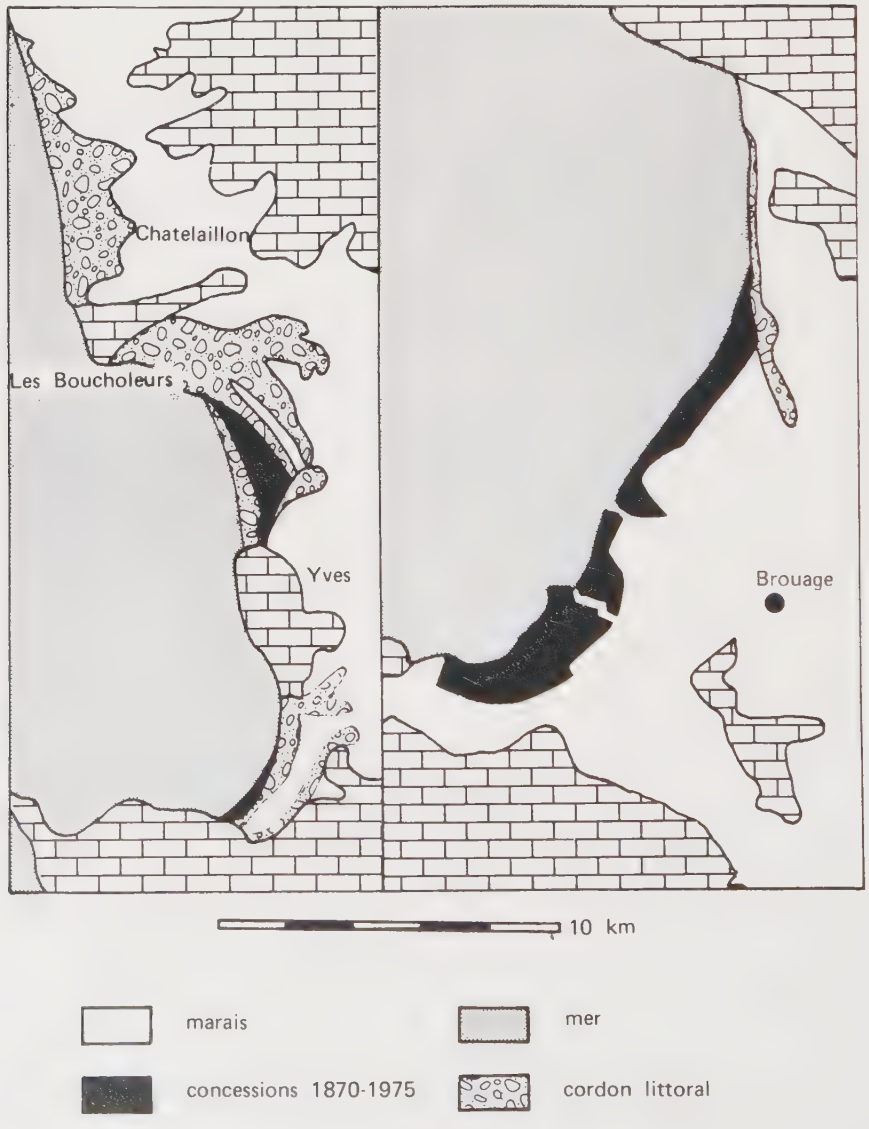


Figure 75

Un siècle d'endiguements dans les Marais Charentais

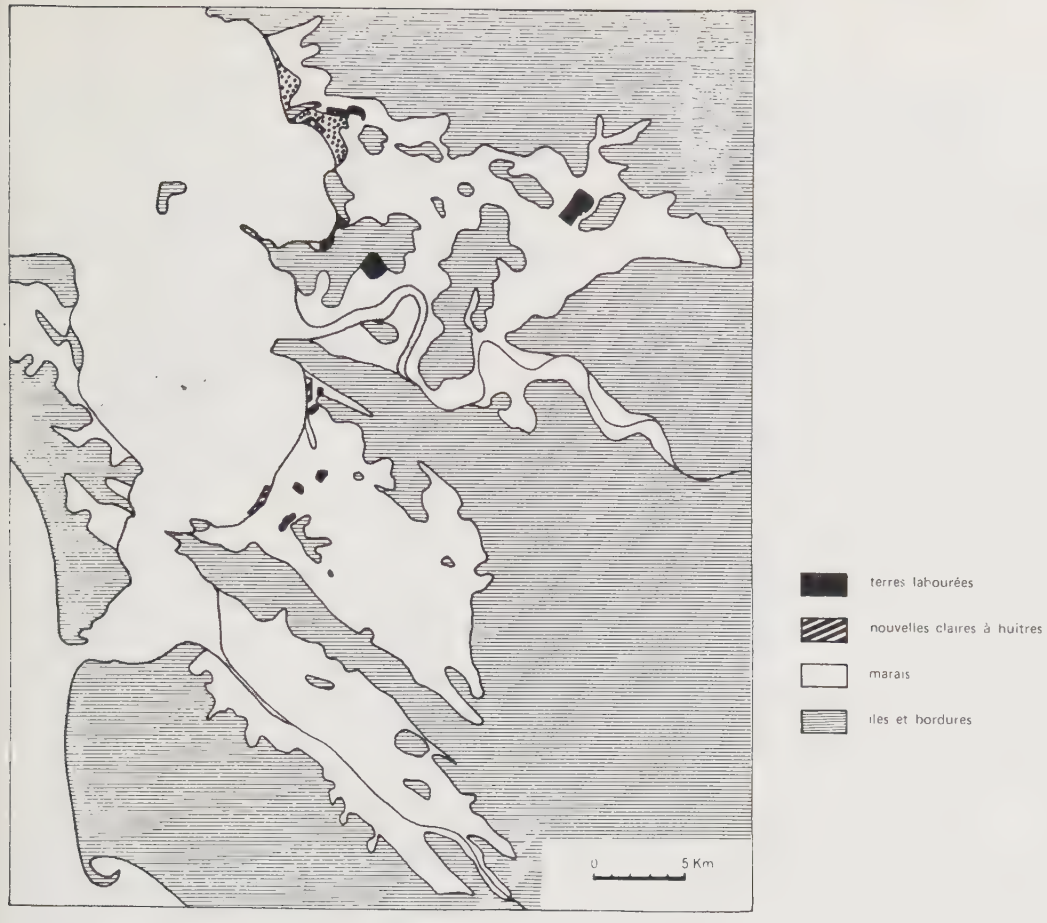


Figure 76

Les secteurs d'économie moderne
(Labours, ostréiculture, vers 1975)

c) la situation actuelle

Dans les années 1970, ils redeviennent un espace à conquérir pour l'agriculture moderne qui essaie de se substituer à l'élevage.

Les études menées par l'Institut National de la Recherche Agronomique, en particulier les réalisations de la ferme expérimentale de Saint-Laurent-de-la-Prée ont convaincu des exploitants de la possibilité de rénover, de labourer et de drainer les parcelles en vue de cultures fourragères, céréalières, mais surtout de la production du maïs. Parallèlement à une nouvelle génération d'administrateurs, de jeunes agriculteurs ont pu reprendre des terres et disposer des crédits à long terme que nécessitent les investissements lourds en matière agricole. Un nouveau front pionnier de l'agriculture est né *(figure 76)*, et si le paysage végétal en a été bouleversé, ainsi que certains biotopes chers aux défenseurs de l'environnement, la géomorphologie elle-même en a été affectée, puisque des marais gâts et même des cordons littoraux ont pu être nivelés.

Parallèlement à ces bouleversements spectaculaires dans les paysages des marais agricoles, l'extension des activités ostréicoles s'est poursuivie dans les secteurs les plus maritimes : utilisant soit des prises «anciennes» (Yves), soit des prises récentes (Hiers-Brouage), soit des marais gâts rénovés (Saint-Froult) : plusieurs dizaines d'hectares ont été couverts récemment de claires. *

Les Marais Charentais sont donc passés, en moins de deux siècles d'un état d'abandon à une situation de front pionnier : mais l'histoire de leur aménagement est faite de périodes de fièvre et de périodes d'abandon, comme le montrent les entreprises d'Humfroy BRADLEY ou des COMANS dans les marais de Muron : Jeanne de Saulx-Tavannes, seigneur de Tonnay-Charente, allouait des territoires de faible rapport aux COMANS qui espéraient y développer une agriculture moderne. Le contrat stipulait que ces derniers étaient redevables du vingtième des terrains et d'une rente annuelle de douze deniers par journal desséché. Mais les cultivateurs locaux, usufruitiers traditionnels du marais pour la vaine pâture, le «rouchage» ou cueillette des roseaux - et sans doute le braconnage - entendaient conserver leurs droits. En 1610 *«aucuns malveillants et envieux se transportèrent de nuit sur les levées que l'on avait mis deux ans à construire et les percèrent en plusieurs endroits, de telle sorte que l'eau des marais voisins est entrée sur les terres desséchées et les a remplies et couvertes à grand perte et dommage»* (cité par DIENNE, 1892, p. 81). Ce conflit montre que le même espace est différemment considéré suivant les groupes sociaux dès le XVIIème siècle.

* cf infra, figure 270 p. 413.

Terrain de parcours et espace de cueillette, terres à cultiver, bien-fonds à faire fructifier, ces trois thèmes caractérisent encore la géosophie des Marais Charentais : dans le dernier quart du XXème siècle, ces utilisations se juxtaposent dans l'espace. Auparavant, les aménagements ont donné aux marais les traits «anthropiques» du paysage actuel : il s'agissait d'abord de borner l'espace à maîtriser ; les limites communales sont l'expression spatiale de ce phénomène.

II - LES LIMITES COMMUNALES.

L'étude des limites communales constitue une méthode d'approche des relations entre les communautés villageoises et le milieu où elles s'insèrent (A. MEYNIER, 1945). Dans les marais littoraux, les limites suivent des tracés différents selon les sites du chef lieu et surtout l'utilisation du marais (R. REGRAIN, 1971, c).

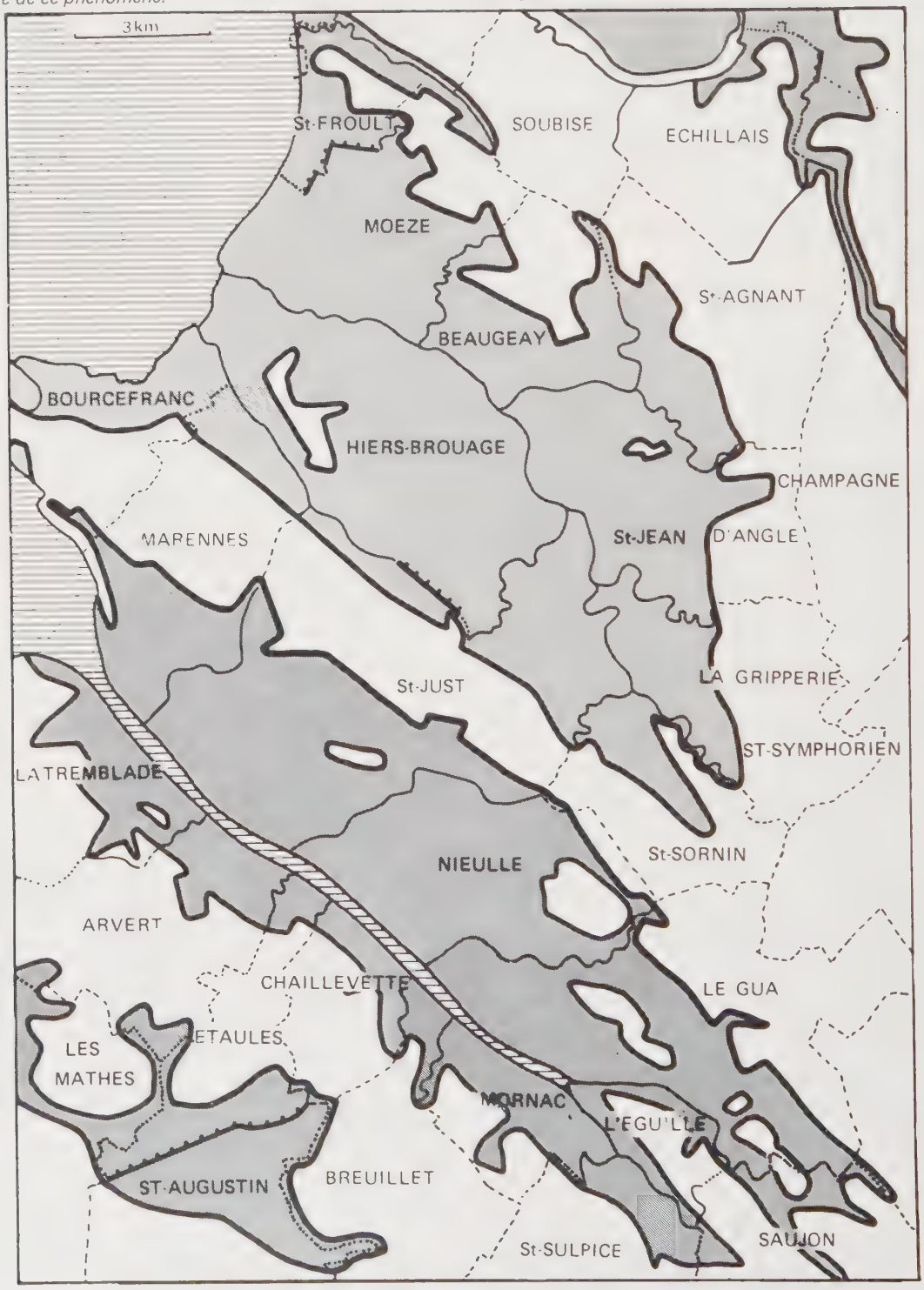


Figure 77

Les limites communales dans les marais de Brouage et de la Seudre

(Légende cf figure 78)

1) Les limites communales dans les marais «à sel». (Figure 77)

Elles correspondent souvent à des limites de circonscription anciennes ; ainsi dans le Cartulaire de l'Abbaye de la Trinité de Vendôme (publié par METAIS, 1893), les terres appartenant au prieuré de Montierneuf (lieudit de Saint-Agnant) sont parfaitement délimitées vers la fin du XVème siècle (METAIS, 1893, p.300-301, supra p. 87). L'importance des chenaux de marée pour limiter les terres de marais est un fait constant dans les marais à larges chenaux, à tel point que les limites communales de la plupart des communes de la presqu'île de Marennes obéissent à cette sorte de loi. Saint-Just - Luzac par exemple, a ses limites entièrement fixées par la nature : dans le marais de Brouage, le chenal de Reux, le chenal de Brouage et le chenal du Goéland, encadrant le «chenal du Port des Moines» servent de limites au Nord et à l'Est ; dans la partie Sud, la limite suit une vallée située à 3 m d'altitude entre la Prée et Toriat, par laquelle on aurait pu faire passer un canal pour assainir le fond du marais de Brouage ; ensuite le chenal de Recoulaine, la Seudre et le chenal du Lindron limitent la commune au Sud ; à l'Ouest, après avoir suivi la vallée empruntée par le canal de la Seudre à la Charente, les limites communales rejoignent le chenal de Reux via le chenal de l'Epine : dans sa partie «amont», ce chenal de l'Epine a été repris par le canal de Mérignac qui se superpose exactement à ce dernier, tel qu'on peut le voir sur les cartes de MASSE ; Marennes appartient au même type de communes. Ainsi les importants travaux d'assainissement effectués aux XVIIIème et XIXème siècles ont-ils été sans effets sur les limites communales, sans doute déjà fixées.

2) Les limites communales dans les marais «agricoles»

L'utilisation agricole des marais charentais semble postérieure aux atterrissements sur leur plus grande partie : alors que le marais de Rochefort était en grande partie colmaté (puisque les marais salants ne sont développés à partir du VIIIème siècle que dans la partie occidentale), les limites précises de communautés ou de paroisses ne semblent pas avoir été fixées avant les dessèchements. C'est en effet sur des éléments construits du paysage, les digues, que furent installées la plupart des limites de paroisses du bassin oriental de Rochefort, au cours du XVIIème siècle pour l'essentiel *(figure 78)*. Les limites communales de Muron suivent sur tout le marais des canaux artificiels, creusés lors du dessèchement du marais de la Petite Flandre, effectué à partir de 1607, lorsque Jeanne de Saulx-Tavannes, veuve de Messire Rochechouart de Mortemart, confia à Marc de Comans et François de la Planche «le droit de dessécher tous les palus et marais de sa principauté»; le canal de la Daurade protégeait les travaux des inondations de la Gère. Les habitants réclamant leurs droits «d'usage, de rouchage, pêchage, herbage et pâturage», une transaction

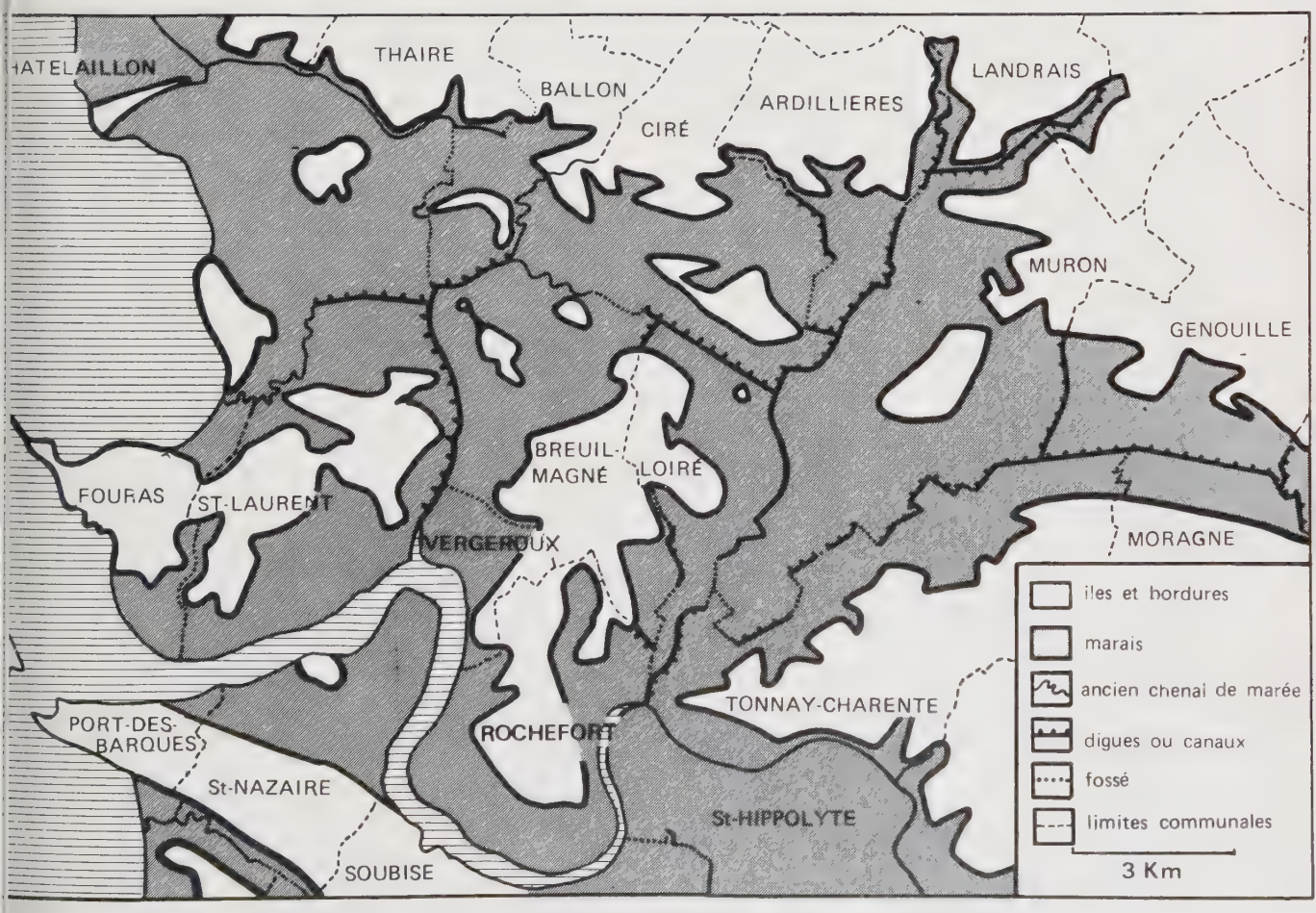


Figure 78

Les limites communales dans le marais de Rochefort

de 1624 leur donna en compensation le Marais Plat, 200 ha proches du bourg ; des Hollandais s'installèrent dans les marais de la «Petite Flandre». Selon F. ARNAUD (1897) un certain Van Uff laissa son nom à une cabane, dite actuellement Manoufle.

Pour l'essentiel, les limites communales dans le marais de Rochefort oriental sont fixées sur les digues des canaux de dessèchement, mais des rectifications mineures ont pu porter ces limites sur de simples fossés, comme entre Muron et Tonnay Charente.

Dans la partie occidentale du marais, à l'ouest du méridien de Rochefort, la nature des limites est plus variée. Yves par exemple, voit sa limite Nord fixée par un canal de ceinture qui ne s'éloigne guère de l'ancien rivage flandrien ; à l'ouest, de simples fossés au droit de l'île d'Agère séparent Yves de Ballon ; au Sud-Ouest, le canal de Charras, la levée des Frènes (qui enserre le marais de Fouras) constituent un type de limites rappelant la partie orientale du marais de Rochefort ; au Sud enfin, c'est un ancien chenal de marée, reconnaissable à son tracé contourné qui sépare Yves de Saint-Laurent-

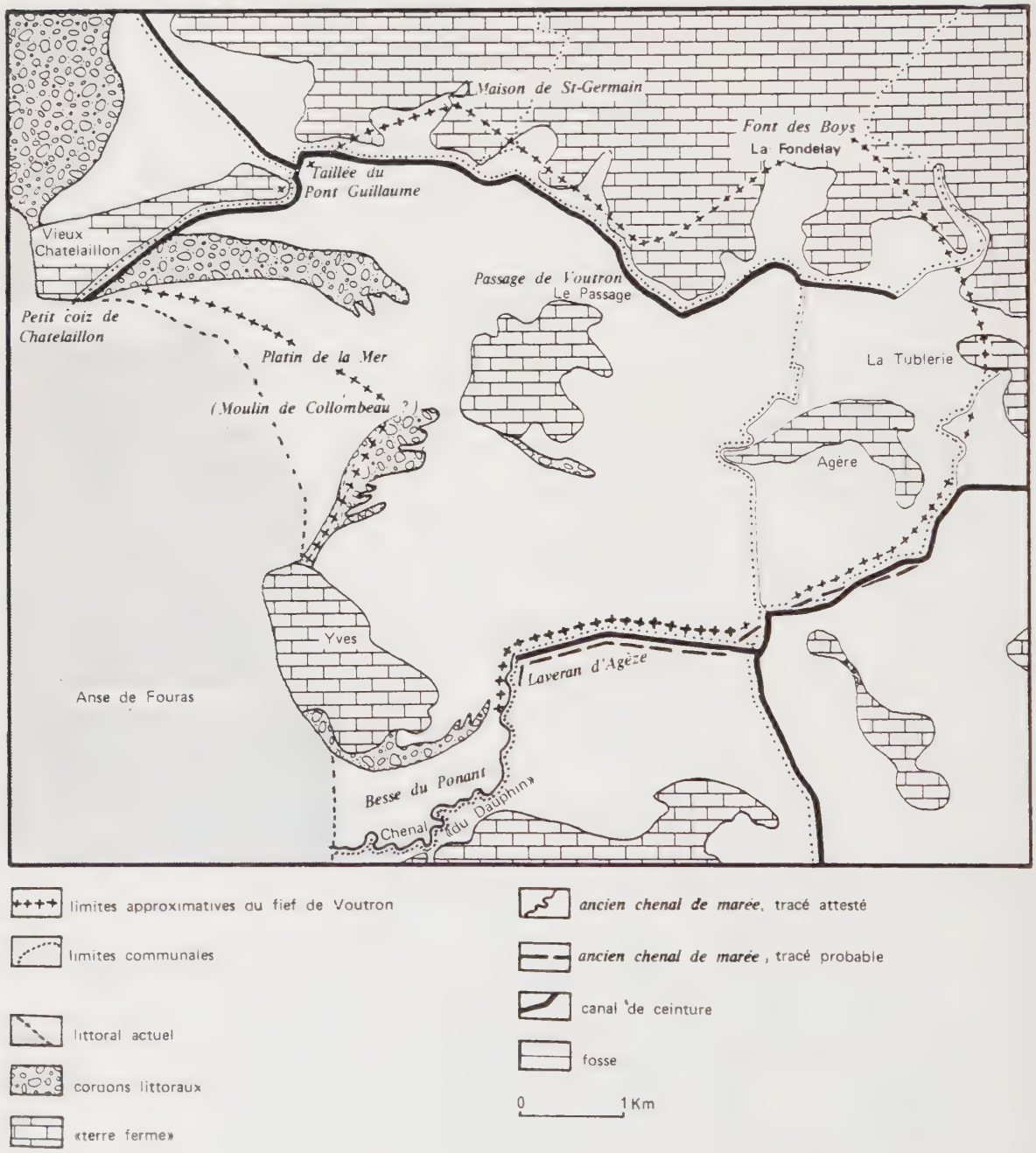


Figure 79

Limites du fief de Voutron en 1367 et de l'actuelle commune d'Yves

de-la-Prée. Le canal de ceinture Nord a été établi au XVIIIème siècle, mais en 1739 lorsque le Comte de Saint Georges (Thairé) entreprit le dessèchement du marais des Arènes, celui-ci était couvert de marais gâts depuis plusieurs siècles : rien ne devait avoir persisté des anciens chenaux de marée dans des marais abandonnés depuis le XIème siècle : on a donc tracé des digues orthogonales. Dans le marais de Fouras, par contre, il est probable que la levée des Frènes s'appuie au moins en partie sur un ancien chenal de marée que l'exploitation en salines avait conservé. Ce chenal du Dauphin pourrait (p. 184) constituer le prolongement du chenal de la Suze, qui sert de limite entre Ciré d'Aunis et Breuil-Magné : la route de Rochefort traversait à gué ce chenal, au cours du XVIIème siècle.

Les limites de la commune d'Yves sont récentes et ont sans doute été fixée lors des assainissements des siècles derniers. Le fief de Voutron (aujourd'hui hameau d'Yves) avait les limites suivantes d'après un aveu de 1367 (Bibli. Mun.*, ms. 38). *«Commance mondit fié au petit Coiz de Chastellallon et s'en va tout droit au platin de la mer, a tout le platin a une bonne qui est entre ung lieu appellé le Moulin de Collombeau et le terroux du prieur d'Yves et s'en va ledit fief tout à l'entour dudit prieuré droit au platin de la mer et tout le platin droit à la besse du prieur d'Yves et s'en monte tout le long de la besse droit à la besse de ponant et tout le long de la besse de ponant droit à Laveran d'Agèse et de Laveran d'Agèze droit à la tèblerie du prieur et fond des boys et de la tèblerie droit au cemetière du prieur, de font des boys et tout à l'entour dudit cemetière droit au chief du passage de Voutron et du passage s'en va droit à la maison de Saint Germain et est dudit fié la motte Saint-Germain, et de qui s'en va droit à la taillée du pont Guillaume et de qui tout droit audit boys de Chastellallon et dedans les mectes de mondit fief». (Figure 79).*

(Manuscrit signalé par C. GABET, transcrit avec l'aimable concours de P. DESPORTES et M.L. PELUS que nous remercions ici).

Lieux cités en 1367	Emplacements actuels
Petit coiz de Chatelaillon	au sud des Boucholeurs
Platin de la mer	baie d'Yves, le Marouillet
Moulin de Collombeau	?
Terre du Prieuré d'Yves	Ile d'Yves
Platin de la mer	anse de Fouras, près du Dauphin
Besse du Ponant**	
Laveran d'Agèze	chenal de marée vers Agère ?
Tèblerie du Prieur	la Tublerie, à Ballon
Font des Boys	la Fondelay, à Thairé (?)
Passage de Voutron	Ferme du Passage, à Thairé
Maison de St Germain	Ferme, à Thairé
Taillée du Pont Guillaume	Près de la Ferme d'Angoute ?
Petit coiz de Chatelaillon	au sud des Boucholeurs.

Tableau 19

Toponymie d'Yves aux XIVème et XXème siècles

On reconnaît d'après ce texte, sauf d'Agère au Passage, les limites communales actuelles d'Yves, qui vont du Sud de la presqu'île d'Angoute au chenal du Dauphin : les parties situées actuellement à Thairé ou Ballon ne sont séparées que par des fossés (Ballon) ou les digues de ceinture Nord du marais de Rochefort. *(figure 78).*

Ainsi suivant l'avancement du colmatage lors du dessèchement mais aussi selon l'utilisation antérieure, les limites communales peuvent-elles se fixer sur des chenaux de marée ou sur des levées et canaux. Dans la mesure où les limites communales peuvent être interprétées comme la projection dans l'espace des volontés d'utilisation du sol de la part des habitants, elles constituent la géographie d'une certaine géosophie. On observe que si les sauniers composent avec la marée, les agriculteurs cherchent à s'en affranchir le plus possible sans y parvenir systématiquement. De toutes façons, ce sont les formes édifiées par l'homme qui marquent le plus le paysage des marais charentais.

III - L'AMÉNAGEMENT DES MARAIS PLATS DU BASSIN DE ROCHEFORT

Les modes d'aménagement anciens des marais littoraux influent sur les particularités topographiques, pédologiques et hydriques de leurs sols ; ainsi les secteurs de marais gâts, même nivelés, ne requièrent pas les mêmes façons culturales que les «marais plats».

Les techniques usuelles de conquêtes des marais littoraux sont de deux sortes ; lorsque l'espace à conquérir est un schorre en voie de progression, des prises successives aux digues éventuellement sub-parallèles permettent la maîtrise agricole du marais. (Bas-Champs de Cayeux, marais de Dol et de Moëze au Nord de Brouage...) ; lorsqu'un marais est déjà formé, et envahi non plus en majorité de plantes halophiles, mais de roseaux et autres espèces de milieu saumâtre, voire dulçaquicole, un plan d'assainissement, comme les Hollandais en importèrent au début du XVIIème siècle, peut être appliqué : on protège d'abord le marais à conquérir des eaux pluviales continentales par un ensemble de digues et de fossés limitant une partie interne («marais desséché») d'une partie externe ou «marais mouillé».

Dans les marais de Rochefort, endigués depuis le XVIIème siècle*(figure 80)*, la carte des levées repérables sur photographies infrarouge et vérifiées sur le terrain montre les différents types de prises qui ont permis la maîtrise du sol *(figure 81).*

1) Les prises protégées des inondations continentales ou fluviales

a) A l'est, le marais de Genouillé est une prise type «marais desséché» : une digue appelée au Sud Ceinture des Treize Prises entoure une surface de 1.100 ha, appuyée à l'Ouest sur la route de Tonnay Charente à Muron ou «Chemin Charles», qui pourrait être une ancienne voie romaine. Cette prise est parcourue à peu près en son milieu par le canal de Genouillé qui peut admettre à l'écluse orientale près de Fougerolle, les eaux du «marais mouillé» de ce secteur, et draine le marais desséché jusqu'au Pont des Groies à Tonnay Charente. Cette écluse se situant à 4 km au SW du Chemin Charles, on peut se demander si le Chemin Charles fut bien la limite occidentale de ces Treize Prises ; dans le cas contraire, l'assainissement de ces marais étant postérieur à celui de Muron, situé plus à l'ouest (début XVIIème), on aurait poursuivi l'aménagement jusqu'au delà du Chemin Charles en direction de la levée des Courtins *(Figure 81).*

* de La Rochelle.

** Contraction de «Besse de Pons Natalis», sur laquelle se trouvaient des moulins (à marée ?), dont il est question vers 1171 dans le Cartulaire de Saint-Jean d'Angely ? (no 494, II, p. 161 ; cité par J. DUGUET, 1971, p. 262).

Figure 80

Progression des endiguements dans le marais de Rochefort

b) La même technique fut appliquée par les Comans en 1607 - 1627 pour le marais de Muron, dit Marais Saint-Louis ou marais de la Petite Flandre. La protection contre les eaux de la Gère, dont un ancien tracé, suivi par le canal de la Daurade, semble attesté par la limite communale entre Muron et Loiré les Marais, Ciré d'Aunis, Ardillières (R. REGRAIN, 1971 d), nécessita l'implantation de ce canal ; les terres ainsi isolées des inondations furent divisées par un système de fossés enserrant des carrés de 600 m de côté de part et d'autre de la levée (ou taillée) médiane (actuelle R.N. 11) ; les cabanes situées à l'Ouest et accessibles depuis la levée du canal de la Daurade (les Cinq Pierres, la Petite Cabane Neuve) disposaient d'une surface de terrain comparable, mais de forme moins quadrangulaire.

c) Ce premier type d'aménagement se retrouve, en éléments de moindre envergure dans l'estuaire d'une part, dans la partie orientale d'autre part. Près de Saint-Laurent-de-la-Prée, les terres de Gagneries et des Penardes, actuellement exploitées par une ferme expérimentale de l'INRA, montrent une levée longeant l'ancienne île de Saint-Laurent-Fouras, comme si l'on avait voulu protéger cette prise des eaux pluviales drainées par cette île ; cette prise, de beaucoup postérieure aux dessèchements hollandais, remonterait au Premier Empire (1807) ; à l'Est, les travaux des Comans ont entraîné près de Muron la création d'une sorte de «marais mouillé» en bordure du continent : boisés de frênes et d'ormes, ces marais s'opposent nettement aux prises dénudées.

d) Les prises de réoccupation des marais gâts. On retrouve ces formes de protection vis à vis des eaux continentales aussi bien dans le marais de Fouras que dans le marais des Arènes, au nord d'Yves. Il ne s'agit pas ici de conquête agricole d'un territoire «sauvage», mais de la réutilisation d'anciens marais salants, effectuée en 1739 (marais des Arènes) ou sous le Second Empire (Marais de Fouras) ; les marais gâts ont été en partie nivelés, mais leurs formes et leur disposition montrent qu'il s'agit de très anciens établissements, moins profonds que peuvent l'être les installations de Brouage, d'ailleurs postérieures. Les marais ainsi récupérés sont divisés en parcelles régulières de 1 à 3 ha environ.

Ces différents casiers de marais desséché abandonnent du côté continental un espace large de 20 à 500 mètres où le sol est formé d'alluvions de type fluviatile, généralement riches en tourbes et débris organiques, épais de 2 à 10 cm de couleur sombre, envahi par les roseaux et les guimauves, et où les frênes et les ormes se développent ; les auteurs de la carte géologique qualifient ces formations de «colluvions» (P. BOURGUEIL et P. MOREAU, 1972).

Même si de tels types de sols peuvent se rencontrer localement sur les «desséchés», ils sont moins épais et souvent moins humides ; ils passent latéralement ou se confondent avec un «mat racinaire» plus ou moins développé ; cette différenciation pédologique est en partie un phénomène dû à l'action humaine. Cependant, on observe que des sols de type fluvio-organique existent en

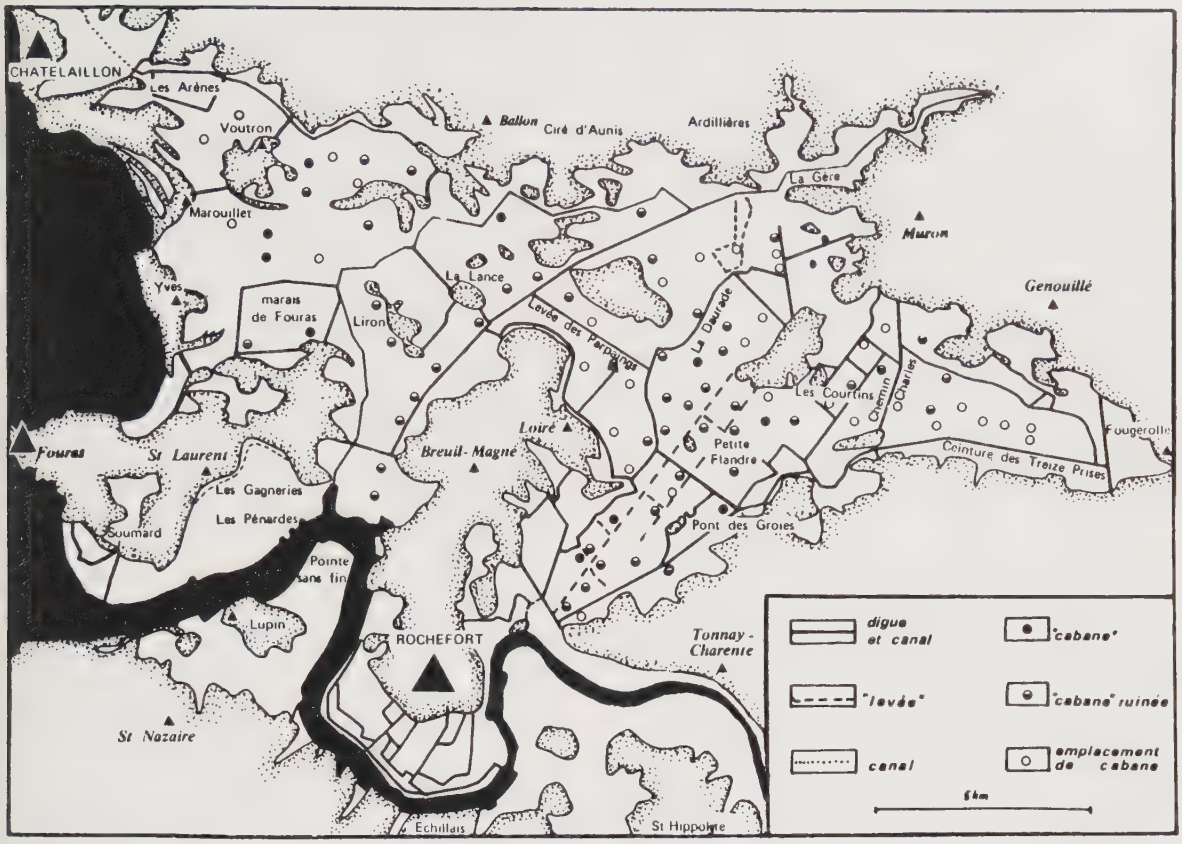


Figure 81

Digues et cabanes dans le marais de Rochefort

bordure de plusieurs types de marais ; ces colluvions sont associées aux faciès marneux du Kimméridgien inférieur.

2) Les empiètements progressifs depuis le continent

Dans ce type de prise, aucune bande de marais mouillé ne sépare la prise du continent : un simple fossé en bas du talus marque le début du marais.

Les exemples en sont nombreux à Loiré-les-Marais et Breuil-Magné, entre le canal de la Daurade et les anciennes îles, ainsi que dans l'estuaire de la Charente, où les prises de la Pointe Sans Fin (Saint-Nazaire-sur-Charente), de Rochefort, d'Echillais ou de Saint-Hippolyte appartiennent à cette catégorie. Aucune trace de planification ne s'inscrit dans l'espace ; il s'agit plutôt de conquêtes de terres effectuées quand la nécessité s'en faisait sentir, en fonction des terrains disponibles. Au sud de Rochefort, dans les marais de la Beaune, on observe trois phases successives de conquête sans que les documents historiques permettent de les dater précisément (ils sont postérieurs à la fondation de Rochefort, et aux cartes de MASSE (début XVIIIème siècle) sur lesquelles ils ne figurent pas) ; au Sud de la presqu'île de Fouras, comme dans la Prée de Lupin de l'autre côté de l'estuaire, les conquêtes ont été réalisées en une fois, après l'ordonnance de 1807. Ces marais comportent des sols très variables, davantage tourbeux en bordure, mais l'épaisseur de la couche noirâtre y est toujours inférieure à 4 - 5 cm, localement plus caillouteux comme près de Soumard, en raison de cordons littoraux ou de granules calcaires ou sableux apportés par le ruissellement, mais le sol «normal» sur bri, mat racinaire de 1 à 3 cm, bri gris à structure grumeleuse puis prismatique (5 à 30 cm), bri beige tacheté entre 35 et 60-80 cm, bri bleu de plus en plus liquide au-dessous, recouvre progressivement l'ensemble de la prise qui présente fréquemment une faible inclinaison en direction de l'estuaire.

Les îles de Liron et de la Lance sont reliées par deux digues ; entre l'île de Breuil-Rochefort et Flay, la levée des Parpaings établie en 1639 par P. SIETTE assure la jonction entre les digues venues des deux îles : on est ici à la limite du type. L'installation de digues portant des chemins sur deux côtés des prises joue à la fois un rôle agricole et un rôle de voie de communication ; ces digues en position interne sont peu élevées : 50 à 60 cm environ au-dessus du niveau du marais (50 cm pour la levée des Arceaux entre Flay et Soumoran, 60 cm pour la levée des Parpaings). Les cabanes sont rarement situées sur le marais même : l'exploitation est à la fois «maraichine» et continentale, les prises sont moins entretenues que lorsque la résidence de l'exploitant est sur le marais ; les sols sont plus riches en dépôts fluvio-organiques sur les bordures, la structure y est plus compacte, comme on peut l'observer au Nord de l'île de Ludène.

3) Les «prises de marais» des sauniers

Il s'agit des anciens marais gâts de la partie occi-

dentale du bassin de Rochefort (marais d'Yves et de Voutron) protégés de la mer par les levées naturelles de galets de Marouillet, complétés par moins de 500 m de digue artificielle pour une surface de près de 2.000 ha. La nature de l'exploitation salicole, dont la production est une fonction directe de la quantité d'eau de mer qu'on y peut admettre, nécessite la présence de digues, mais la prise peut être isolée sur l'estran. Il y a là un milieu bien particulier, où se succèdent bassins et bossis, aux formes plus ou moins régulières, alimentant des aires saunantes de taille modeste dans cette région où l'exploitation est ancienne (IXème au XIIème siècle). La superficie actuellement utilisée correspond peu ou prou aux anciens bossis qui couvrent entre le tiers et la moitié de la surface totale, mais la discontinuité des véritables bons sols rend malaisée leur mise en cultures. La structure du sol y est meilleure que dans les autres marais : les structures grumeleuses et prismatiques y sont très développées, mais les fentes de retrait nombreuses (3 à 4 au mètre linéaire) attestent d'un fort déficit d'humidité. Là où les marais gâts ont été nivelés, comme dans le marais de Fouras, les aptitudes agricoles paraissent meilleures.

Ainsi le bassin de Rochefort présente-t-il une diversité remarquable de types de prises dont rend insuffisamment compte l'opposition qu'on a voulu y voir, par référence au Marais Poitevin, entre «marais mouillé» et «marais desséché». Localement certes, et en particulier dans la partie orientale, vers Muron et Genouillé, un marais recouvert d'alluvions fluvio-organiques et portant de nombreuses lignes d'arbres s'interrompt brutalement dès les premières digues. Dans la partie Nord-occidentale, les marais gâts nivelés ou non, témoignent d'une ancienne richesse de l'Aunis, mais l'abandon des exploitations salicoles a rendu quasi inutilisable le sol des marais, qui ne portait guère jusque vers 1970 que des prairies extensives.

Les formes d'aménagement sont donc très variées, peut-être davantage que dans la plupart des marais littoraux : endiguements planifiés de type «hollandais» opposant marais desséchés et marais mouillés, prises successives des schorres sont les types classiques, mais le bassin de Rochefort, riche en îles présente deux traits originaux : les endiguements réunissant les îles proches entre elles et/ou avec le continent, et les formes de réoccupation des marais gâts : assainissement par fossés seuls (Voutron) ou prises de type hollandais (marais de Fouras).

Ainsi, le bassin de Rochefort présente-t-il (comme le marais de Bouin) à la fois les traits caractéristiques des marais vendéen et poitevin (prises endiguées) et ceux des marais saintongeais de Brouage, Oléron et de la Seudre, où l'endiguement est un phénomène second, postérieur à une mise en valeur salicole.

IV - L'HOMME ET LE PRISME LITTORAL DANS LES MARAIS GATS.

Parmi les marais maritimes du Centre Ouest de la France, le marais de Brouage présente l'originalité d'avoir été utilisé pour la production du sel à une époque où les marais jouissant d'un climat moins ensoleillé étaient progressivement assainis pour les labours ou les prairies. H. ENJALBERT (1960, p. 163) note : «Au XVIIème siècle, quand arrivèrent les ingénieurs hollandais, la conquête systématique des marais en vue de la culture des céréales d'hiver n'intéressait pas les gens de Brouage qui étaient beaucoup plus préoccupés de la récolte du sel que de celle du blé». Alors que les autres marais furent utilisés comme annexes agricoles de communautés «terrestres», le marais de Brouage - ainsi que ceux des îles de Ré, d'Oléron, etc... - se tournèrent vers une exploitation à caractère plutôt maritime. De nos jours, le marais de Brouage est devenu un «marais d'herbages», après avoir subi un aménagement soigné pour la production du sel ; dans quelle mesure ce passé salicole a-t-il oblitéré tous les témoins naturels du colmatage du golfe : altitude du remblaiement, chenaux en particulier ? Il s'agit là d'une question importante, car les formes du relief des marais maritimes sont des témoins particulièrement précieux de l'évolution holocène du rivage ; aussi le géomorphologue ne saurait-il éluder cette question, bien que les méthodes mises en œuvre puissent parfois paraître plus historiques que géographiques : étude de textes et de documents archéologiques ou historiques, cartographiques, en même temps qu'observation directe du terrain. Pour l'étude de ces régions où l'histoire de la Terre se confond avec celle des hommes, de telles méthodes sont aussi nécessaires au géomorphologue que d'autres méthodes plus usuelles des Sciences de la Terre.

Notre projet n'est cependant pas de retracer l'histoire de ces exploitations, mais de suivre sur le terrain les témoignages qu'elles ont laissés. Dans ces formes de relief, on retrouve l'écho d'une activité humaine.

1) Des sites à sel aux marais gâts

a) Le sel avant les marais salants.

Le sel était exploité, à l'époque gauloise, par évaporation de l'eau salée dans de fines vasques de briques ; l'évaporation était accélérée par chauffage. On retrouve ces sites à sel en bordure du marais de Brouage ; ils sont particulièrement fréquents au Nord et à l'Est *(figure 41)*. Actuellement, ils se marquent par de discrets monticules en bordure du marais ; apparaissant mieux dans les parcelles labourées, ils sont moins nombreux dans les marais de Brouage et de la Seudre qu'à la périphérie du bassin de Rochefort.

b) Les exploitations salicoles.

Après la conquête romaine, le système d'évaporation artificielle de la saumure est abandonné pour le marais salant ; cette nouvelle technique est généralement mise au compte de la colonisation. Le colmatage, dans les parties voisines des «îles» et des bordures continentales, peut donc être daté de la fin de la transgression flandrienne ; rien n'autorise à croire que tout le bassin de Brouage a, alors été comblé. Il semble même plutôt que les communautés villageoises ou ecclésiastiques installées sur les bordures aient conquis le marais au fur et à mesure des atterrissements. Dans le Centre-Ouest, une donation de Dagobert est le plus ancien document connu sur les salines. La documentation historique réunie et étudiée par A. PAWLOWSKI (1904), A. DROUIN (1933 - 1941), ou L. PAPY (1931, 1935, 1941) et des sociétés savantes locales ne permet guère de préciser la conquête du marais, dans le temps comme dans l'espace : il est très improbable que l'on puisse à partir de ces documents, dresser une carte de la conquête des marais : L. PAPY a indiqué quelles avaient pu en être les principales étapes (1941, b).

A la fin du XVIIème siècle, les cartes de MASSE, considérées comme le chef-d'œuvre de la cartographie régionale, depuis C. PASSERAT (1910), donnent une idée de l'état du marais de Brouage.

La «Carte du Havre et des Marais Salans de Brouage, représentés de Basse Mer» permet de voir que, au début du XVIIIème, seuls «saunent actuellement» les marais situés immédiatement de part et d'autre du Havre et à l'Ouest d'Hiers. Depuis le XIVème siècle au moins, les exploitations salicoles se sont déplacées depuis les bordures continentales jusqu'à la région de Brouage, en direction de la mer d'une part, du Havre d'autre part où arrivaient les eaux marines : pour L. PAPY (1931) «Aux XIIème et XIIIème siècles, c'est au bord des coteaux surtout que sont creusées les salines... mais bientôt le fond du golfe s'envase... ; au XIVème, ce sont les pays entre les hauteurs de Marennes, d'Hiers et celles de Saint-Froult et de Moëze qui se couvrent de marais salants».

c) L'abandon : les marais gâts.

Au fur et à mesure de leur abandon, les exploitations salicoles étaient recouvertes d'eaux pluviales croupissantes, et devinrent très vite des foyers de pestilence. Entre 1780 et 1870, les marais salants abandonnés, appelés «marais gâts» furent assainis, en particulier sous l'impulsion de Guéau de REVERSEAUX et LE TERME. Bien qu'assaini, le marais ne fut guère repeuplé ; ses anciennes cabanes tombent en ruines. On peut estimer à moins de vingt les habitants dispersés dans le marais, îles et Brouage exclus. Les voies de communication y furent très insuffisantes jusqu'à une époque récente ; elles restaient incommodes et dangereuses jusqu'à ces dernières années. *(figure 2, in introduction).*

2) Les types d'aménagements dans les marais de Brouage et de la Seudre

Le caractère gigantesque des travaux d'aménagement des salines où le bri servait à édifier les levées ou bossis limitant les différents bassins de l'exploitation, a frappé différents auteurs. B. PALISSY écrit que même la construction de Paris n'est pas comparable aux travaux des sauniers, puisque «toute la terre de la vallée des marez est labourée, fossoyée et retranchée» (p. 186). H. ENJALBERT indique à son tour (1960, p. 163) que «tout le marais argileux autour de Brouage avait été bouleversé depuis le Moyen Age par les travaux des sauniers. On n'y reconnaît plus la topographie naturelle», et F. VERGER note (1968, p. 346) : «la topographie de cette zone des anciens marais salants résulte tantôt d'un déblai, tantôt d'un remblai ; elle est partout anthropique». Le sol a donc été creusé pour établir les marais salants *(figure 82)*, et la vase ainsi recueillie fut entassée sur les «bossis».

Les cartes à 1/25 000 de l'IGN représentent un instrument de travail dont il est superflu de souligner la précision. La réalisation des cartes littorales du Centre-Ouest a fait l'objet d'une communication au XIXème Congrès International de Géographie (R. d'HOLLANDER, 1960) où on peut lire «Le tiers Ouest de la feuille de Saint-Agnant et une partie de la feuille de Marennes comportent **une suite ininterrompue*** de dépressions correspondant aux anciens bassins des marais salants»

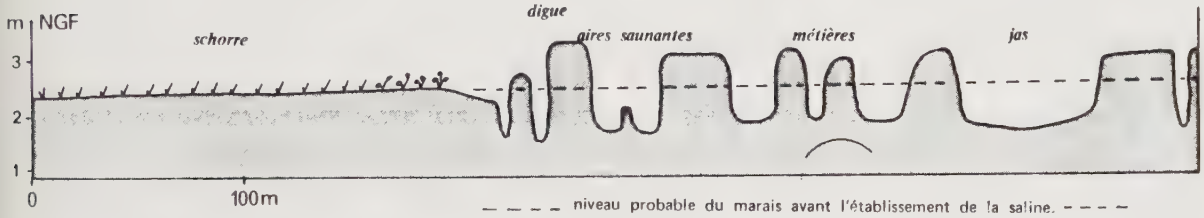


Figure 82

Installation d'une prise de marais aux dépens d'un schorre
(d'après un profil exécuté près de La Rochelle , cotes en m. NGF)

séparées par les anciens bossis». La cartographie de cette zone semble avoir moins retenu l'attention que celle des parcs à huîtres et claires de la Seudre : en effet, la carte à 1/50000, de même que les cartes à 1/25000 de l'IGN montrent, à côté des anciens marais salants représentés par des rectangles bleus, des espaces où aucun bassin ne semble avoir été creusé.

a) Les espaces plans ou marais plats : prises et «marais doux».

L'étude des photographies aériennes panchromatiques permet de voir que ces espaces plans sont fréquents dans le marais de Brouage. On a mesuré, sur photographies aériennes du marais de Brouage, les distances correspondant aux marais plats : ces derniers représentent 39 % des 342 km mesurés. Les sondages ayant été faits au hasard, suivant la méthode dite «des traverses - JACOB - LEROUX» (J. TRICART, S. RIMBERT, J. LUTZ, 1970, p. 54) on peut considérer que les marais plats couvrent 39 % du marais de Brouage. Cette valeur peut être rapprochée de l'estimation de A. GAUTIER (1839, t 1, p. 125) «Les parties saillantes du terrain, les bosses, les chemins, taillées et sartières (...) occupent le quart de la surface de ces marais». Ces espaces plans se répartissent très inégalement dans le marais *(figure 83)* ; constitués d'unités de faible taille, de 4 à 5 ha au maximum vers Saint-Agnant, ils forment des ensembles plus conséquents, de l'ordre de la dizaine d'hectares au Sud Est de l'île d'Hiers : Prise de l'Epée, Petit Gémeux**. Le Havre de Brouage est accompagné d'une bande de terrains plans, plus large au Sud (500 m) qu'au Nord (30 à 100 m) depuis Brouage jusqu'à la Cabane du Grand Cisière, beaucoup plus étroite au Sud de cette dernière (moins de 100 m). Certains chenaux affluents sont eux-mêmes accompagnés de ces espaces plans, entre leur cours actuel et les premiers bossis des «prises de marais» encadrantes (chenal de Malentrait - 150 m), alors que d'autres semblent avoir été serrés de plus près par les exploitations salicoles (chenal de la Craie à l'Ouest ou chenal des Etourneaux au Sud-Est).

A partir des photographies aériennes, contrôlées sur le terrain, il est possible de rechercher la nature de ces espaces où des traces d'aménagement salicole ne sont pas visibles et d'en esquisser une typologie : plusieurs origines peuvent être invoquées.

Selon L. PAPY (1931, p. 133), beaucoup de marais gâts ont été desséchés, comblés et transformés en prairies, et un exemple est cité dans la région du Gua,

* souligné par nous, R.R.

** nomenclature sur la figure 105, p. 170 - 171.

Figure 83 : Marais gâts et marais plats dans le marais de Brouage.

en Seudre ; il en est de même entre Saint-Just et Saint-Symphorien, où d'anciennes salines nivelées auraient été remplacées par des cultures. Le modelé de ces régions, relativement plan, est aisément visible sur les photographies aériennes, infrarouge en particulier (R. REGRAIN, 1971, c). On peut les désigner par le terme de «**marais gâts nivelés**».

Une lisière presque continue d'espaces plans sépare le marais de Brouage de ses bordures continentales. Etroite, elle est parfois réduite à quelques dizaines de mètres, plus large là où le chevelu des anciens chenaux est moins dense. L'absence d'aires salicoles peut s'expliquer de différentes façons : ou bien le sol est trop sableux, ou bien il est trop élevé et trop éloigné à la fois des chenaux de marée et des installations humaines pour être transformé en salines. On peut aussi faire appel, et cela semble être la raison majeure, à la venue d'eaux douces d'origine continentale, qui auraient empêché le sel de se faire : ceci est particulièrement net à l'Ouest comme à l'Est de la presqu'île de Beaugeay, au Sud-Est de Saint-Fort, près de Cadeuil (Saint Sornin). On peut désigner ces espaces par le terme de **marais doux** : on appelle marais doux en Saintonge les «marais qui ne contiennent que de l'eau douce par opposition aux marais salants». (G. MUSSET, 1882) ; pour H. BAULIG (1966, p. 353) les marais doux (fresh water marshes, Süsswasser Marschen) qui sont souvent des tourbières, s'opposent aux marais salés.

Ce terme de «marais doux», dans le sens indiqué par G. MUSSET, pourrait être appliqué aux espaces plans répartis entre les anciennes exploitations salicoles et dont l'ancienne utilisation est inconnue : on peut supposer qu'ils servaient de pâturage pour les animaux employés aux charrois du sel, ou de terres de cultures pour les sauniers ; J. WELSCH (1926), signale qu'à Oléron, marais doux désigne les «marais couverts de marécages (sic) et plus ou moins cultivés». L'exploitation pour la récolte des joncs et roseaux ne doit pas être exclue ; le terme de **jonchère** pourrait alors les désigner ; en Seudre, un texte du XVème siècle mentionne une vieille jonchère située près de Braguygnac (Saint-Just-Luzac).

A l'Ouest de Brouage apparaissent des marais plats dont l'endiguement est postérieur à l'exploitation salicole : ce sont les véritables **polders** (F. VERGER, 1968, p. 329). Les marais plats qui accompagnent le Havre de Brouage sont, eux aussi, postérieurs aux marais salants, alors que les marais doux ou jonchères sont contemporains. Ce n'est en effet qu'après le comblement du Havre que ces terrains ont été protégés par une digue de la partie encore marine de cet ancien Havre : la toponymie locale les désigne sous le nom de sartières.

Ce terme de **sartière** a été employé dans l'Enquête sur les sels de 1868 pour désigner les terrains incultes situés au pied des digues ; il peut être considéré comme un équivalent local de schorre. Il a le même sens chez FLEURIAU de BELLEVUE (1803) : «les sartières (sont les) nouvelles laisses de la mer, qu'elle couvre au moins dans les malines* et qui, étant très divisées et très basses, ne donnent aucun produit, mais sur lesquelles on construit pour l'ordinaire les marais salants et les bouchots à huîtres et à moules». ; LITTRE précise que sa racine, sart, désigne «l'herbe marine sarclée» (sic). Il est employé dans ce sens en toponymie locale : la «sartière de Pressait» et la «sartière de Matton», situées entre les anciens marais salants et le cours du Havre de Brouage, étaient bien «au pied des digues» encadrant le chenal au moment de l'exploitation salicole ; elles figurent comme telles sur les cartes de MASSE, le cadastre et les cartes de l'IGN.

De nos jours, des digues enferment ces «sartières» puisque la distance entre les digues est passée de 5 à 600 mètres au début du XVIIIème à 50 - 60 mètres au XIXème siècle. L'emploi de ce terme pour désigner les espaces plans non aménagés pour la production du sel, situés en bordure immédiate des chenaux ou étiers qui amenaient l'eau marine, rappelle leur passé récent de schorre.

Les espaces plans du marais de Brouage appartiennent à deux grands types : les marais doux et les prises. Limité à la bordure continentale et recevant l'eau douce du continent, un liseré de marais doux enserre un ensemble où parmi les marais gâts apparaissent des parcelles de marais doux (jonchères recevant les eaux pluviales). Dans le groupe des prises, postérieures à ces aménagements salicoles ou non, on distinguera des vastes polders littoraux du Cœur Volant, du Tapis Vert, du Grand Garçon et du Grand Cimetière, et les sartières, espaces plans conquis sur les rives des grands chenaux de marée aujourd'hui comblés.

Mais près des deux tiers du marais sont formés par les anciens marais salants abandonnés, appelés marais gâts.

b) Les marais gâts, anciennes exploitations salicoles.

Une exploitation salicole ou prise de marais se compose schématiquement de trois ensembles principaux *(figure 84)* : le jas ou **vasière** où l'eau de mer se décante, les **métières** où la saumure se concentre, les **aires saunantes** (a.s.) ou le sel est récolté. La prise com-

* les malines sont les marées de vive-eau.

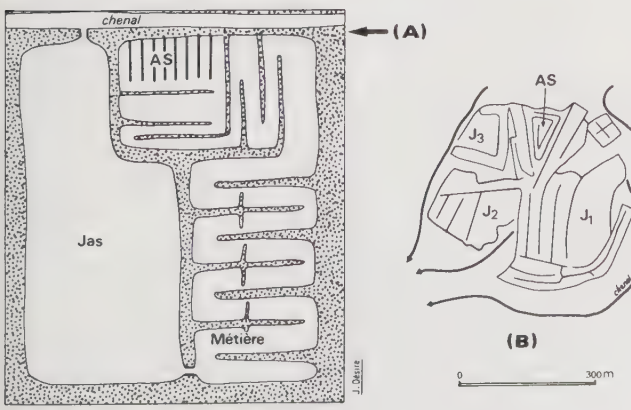


Figure 84

Schéma d'une prise de marais d'après L. Papy (A) et prise de La Roberte à Beaugeay (B).

(on notera qu'à La Roberte, 3 jas J1, J2, J3 alimentent un seul ensemble d'aires saunantes - A.S.).

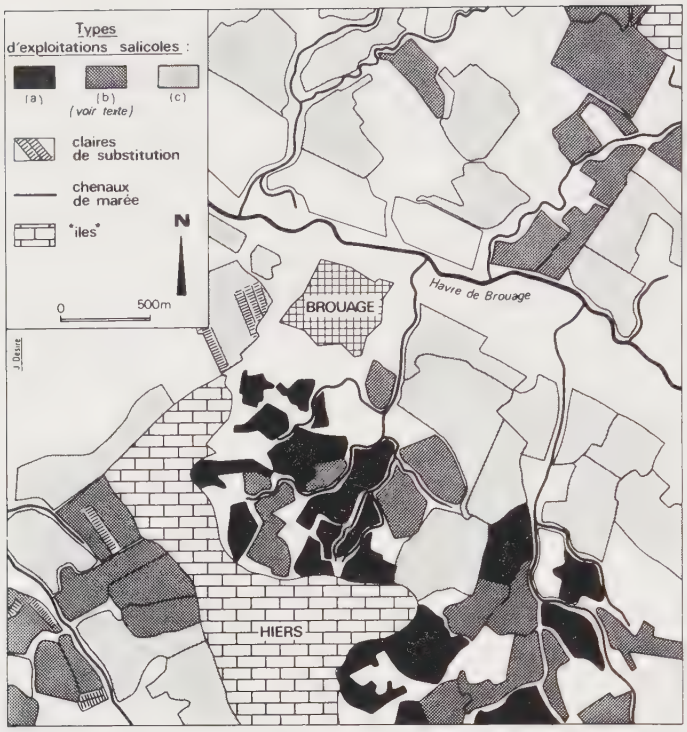


Figure 85

Types de prises salicoles à Hiers-Brouage

munique avec un chenal de marée qui assure l'alimentation en eaux salées ; les bassins communiquent par des portes ou vareignes et des tuyaux de bois souterrains appelés cois ou coefs. Chaque prise est entourée d'une bosse un peu plus haute, qui la protège des marées au moins pendant la période d'activité, l'été.

Grâce aux photographies aériennes, on peut identifier les exploitations salicoles. Les régions non creusées de marais salants *(figure 83)* permettent d'isoler des ensembles de prises ; les chenaux de marée, nécessaires à l'alimentation des salines sont ensuite repérés. En fonction de leur réseau commencent à s'individualiser des groupes de prises. Il est parfois très difficile d'isoler dans chaque prise, leur élément distinctif, les aires saunantes ; ces dernières étant aussi les parties les moins profondes, ont de façon quasi générale été oblitérées. De plus, plusieurs aires pouvaient s'alimenter au même jas, ou même l'inverse. Enfin, près du Havre de Brouage, on ne retrouve plus guère que de grands bassins allongés et parallèles.

- Les types d'exploitations salicoles

La *figure 85* montre les prises de marais identifiées près d'Hiers. Leur surface varie, de l'ordre de un hectare à plus d'une dizaine, leurs formes semblent plus régulières près de Brouage qu'au Nord est de l'île d'Hiers, leur structure même est différente, avec des bassins beaucoup moins amples à Hiers que vers Brouage. Il semble qu'on puisse y distinguer trois types principaux (R. REGRAIN, 1976, c).

Le premier type (a) s'observe à la bordure du continent et à proximité de l'île d'Hiers, des prises de surface modeste (1 à 2 ha) aux formes très irrégulières, à la structure formée de bassins courts (de l'ordre du décamètre), profonds (d'environ 1 mètre) et séparés par des bossis étroits. On rencontre de telles formes sur toute la bordure du marais de Brouage, depuis Moëze jusqu'à Saint-Jean d'Angle, à Saint-Just et dans l'angle Nord-Est de l'île d'Hiers.

Le second type (b) rassemble des prises de marais plus vastes, de l'ordre de trois à cinq hectares, aux formes moins irrégulières, à la structure souvent parallèle, rassemblant des bassins étroits et profonds (apparaissant en noir franc sur les clichés sensibles à l'infrarouge). De telles prises couvrent la plus grande partie du bassin de Brouage à l'Est et au Sud de Bellevue ; çà et là, on rencontre des bassins plus vastes. Contrairement au type précédent, ces prises sont séparées par de vastes sartières encadrant des chenaux assez larges, comme dans la Seudre au Sud d'Artouan.

Enfin, situé à proximité des chenaux de marée principaux, encadrant le Havre de Brouage, un troisième type de prises de marais (c) apparaît : très vaste, atteignant la dizaine d'hectares, de forme presque quadrangulaire, enfermant des bassins très allongés (250 à 500 m), larges de 30 à 50 m, séparés par des bossis d'une quinzaine de mètres ; les aires saunantes n'y sont que rarement visibles, soit qu'elles aient été arasées ou comblées, soit que ces prises tardives aient été utilisées en marais à poissons plutôt qu'en marais salants.

Ces trois types de prises de marais marquent les stades successifs de la conquête salicole dans le marais de Brouage : des exploitations menues, situées près de la «terre ferme» d'abord ; en période d'expansion, la place ne manquant pas, on installe des prises plus vastes, un peu plus régulières entre des chenaux assez larges alors même que les prises de l'époque précédente sont abandonnées en marais gâts : l'eau de mer ne les atteint plus guère car le chenal, plus long, est moins entretenu. Les bassins sont plus profonds qu'à l'époque précédente et

accumulent davantage d'eau mais leurs déblais abritent le bassin du vent.

Dans une troisième phase enfin, de grandes salines sont creusées avec de vastes bassins (est-ce l'aube de la manufacture ?) ; le déclin du sel de l'Atlantique est déjà avancé, et certaines ne fonctionnent guère que comme marais à poissons.

On pourrait dater du Moyen Age (XIème - XIIème siècles), le premier stade de conquête du marais de Brouage ; le second s'étendrait du XVème au XVIIème siècle, et le dernier couvrirait le XVIIIème siècle et le début du XIXème siècle. La progression vers le centre du marais et vers l'Ouest semble continue : peu de réaménagements, de substitutions de type d'exploitation sont repérables dans le marais de Brouage, à l'inverse de la Seudre.

- L'orientation des marais salants

La technique du marais salant repose sur l'évaporation naturelle de l'eau de mer, débarrassée de particules en suspension. L'insolation, qui détermine la température de l'air et donc la quantité de vapeur d'eau qu' il peut emmagasiner d'une part, le vent d'autre part qui assure le brassage et le renouvellement de l'air au contact de l'eau salée sont les éléments fondamentaux de la réussite

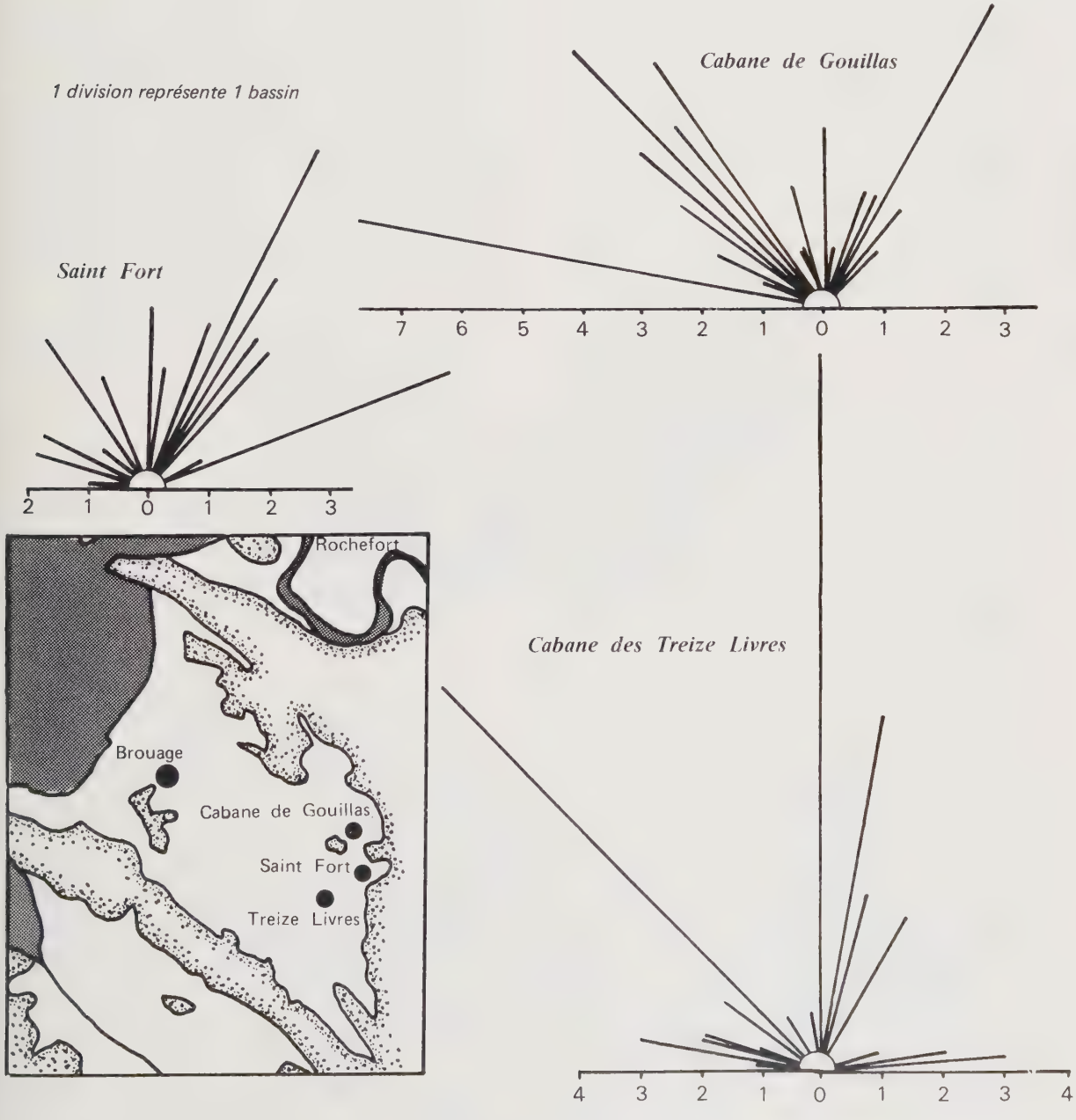


Figure 86

Orientation des bassins de marais salants à l'est du marais de Brouage

de l'extraction du sel, avec l'absence de pluies d'été, qui apportent de l'eau douce dans les bassins.

L'établissement des marais salants a pu se faire en fonction de l'orientation des vents à l'époque de la saunaison : cette adaptation au vent moyen offre au constructeur de saline la possibilité d'utiliser au mieux les conditions météorologiques naturelles. Dans son «Mémoire sur les marais salants des provinces d'Aunis et de Saintonge» BEAUPIED-DUMESNIL (Bibl. Mun. La Rochelle, m s. 670), soulignait dès 1765 que «l'exposition la plus favorable est celle où le vent du Nord-Ouest enfile les deux rangs d'aires» et estimait cet air du Nord-Ouest particulièrement favorable à l'évaporation. LE TERME (1826) rappela cette contrainte et fit aménager une partie de la prise des Gravats à Saint-Just, selon ces principes ; de même les bassins récents situés au Nord-Ouest de Brouage sont orientés au norois.

La construction du marais salant a donc pu de façon empirique découvrir cette possibilité et s'y adapter progressivement. Si cette hypothèse se vérifie, la comparaison avec les roses des vents de la Météorologie nationale pourrait permettre de se faire une idée de la circulation probable de l'air au ras du sol.

. Diagrammes d'orientations.

Les diagrammes représentatifs des orientations des bassins de trois prises situées à la bordure orientale (marais de Saint-Fort), dans la partie centrale, au Nord-Ouest de Malaigre (cabane de Gouillas) et dans les prises récentes à la bordure du Havre de Brouage (Les Treize prises) *(figure 86)* montrent que l'orientation Nord-Ouest, nulle part exclusive, semble s'affirmer pour les prises plus récentes. Ces diagrammes ont été établis en accordant la même valeur à chaque bassin, quelles que soient ses dimensions et sa fonction ; cependant la prise en compte de la nature des aires saunantes montre que l'orientation ne semble guère différente selon la fonction du bassin. Ainsi, près de Saint-Just, les vasières sont-elles comme certaines aires saunantes orientées au Sud - Sud-Ouest ou à l'Ouest - Nord-Ouest, alors que les métières s'orientent plutôt au Nord-Est ; par contre au centre, vers Bellevue, l'orientation Nord-Est est commune aux métières et à certaines aires saunantes, mais de nombreux bassins s'orientent au Nord-Ouest. On observe d'autre part que les premiers bassins se disposent souvent perpendiculairement à la falaise morte, pour profiter d'une petite brise, ou pour des commodités d'accès ; ils sont alors enserrés entre des étiers nombreux et ramifiés. Ainsi est-il suggéré que l'époque d'aménagement est un facteur externe qui conditionne la disposition des bassins de marais de la prise, et que les exploitations salicoles ne sont pas disposées au hasard à l'intérieur du marais.

Dans chacune des 477 exploitations salicoles déterminées à partir de la carte et des photographies aériennes, on a isolé les aires saunantes grâce aux clichés à 1/15 000 (R. REGRAIN, 1977, b, pp. 19 et 20),

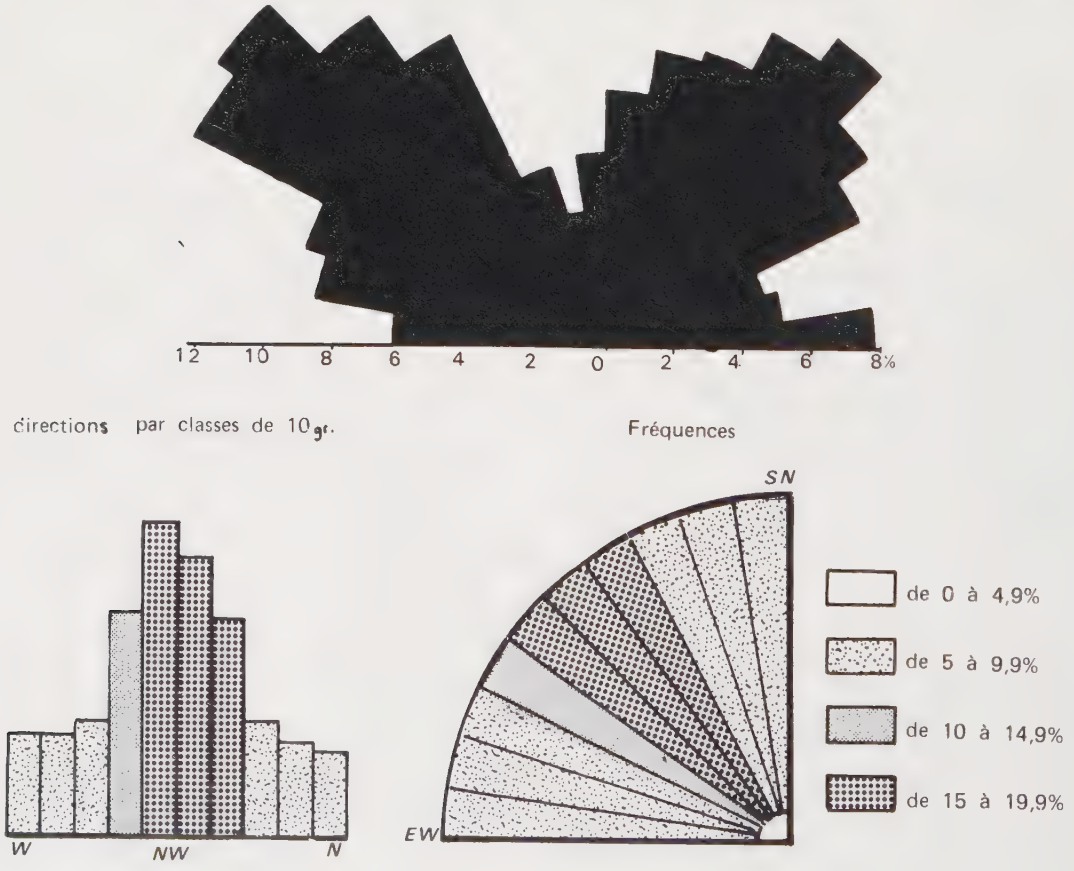


Figure 87

Orientation des bassins dans l'ensemble du marais de Brouage
par classe de dix degrés, pour 477 exploitations

A. Diagramme des orientations
B. Diagramme établi selon la méthode de B. GUILLOT, 1973

(figure 83) et établi le diagramme de leurs orientations *(figure 87)*. Les aires saunantes s'orientent au Nord Ouest à raison de 24,5 % entre le N40grW et le N60grW (NW) et 45% entre N20grW et N70grW. (NNW à WNW) ; le quadrant Nord-Ouest ne comporte que 57,2 % des orientations. Le reste se répartit entre le NNE et le ENE et montre que les vents de ce secteur n'étaient pas tant redoutés par les sauniers que par BEAUPIED - DUMESNIL qui ne les considère «favorables à la saunaison que pendant 8 à 10 jours» ; si ces vents durent plus longtemps «les marais, trop échauffés par ces vents brûlants ne donnent plus qu'un sel menu et sans consistance : c'est ce qu'on appelle en Saintonge marais échaudé. Il faut alors, sans différer les rafraîchir en y laissant entrer l'eau de mer par la pompe d'écours du ruisseau».

Par contre, une adaptation des aires saunantes à la direction des vents dominants paraît plausible. Pour un phénomène voisin concernant les terroirs du Congo-Brazzaville, B. GUILLOT (1972) a mis au point un mode de représentation particulièrement démonstratif : il regroupe sur un même quadrant les mesures des côtés des parcelles. La *figure 87 b* montre que, de cette façon, l'orientation NW est tout à fait prépondérante, mais on doit remarquer que ce diagramme se déduit du précédent en rabattant les directions NE vers le NW ; ainsi l'influence des vents du NW sur l'orientation des aires saunantes se trouve-t-elle exagérée.

Ces différents diagrammes montrent donc que si les aires saunantes s'orientent au Nord-Ouest, cette direction n'est nullement exclusive ; il convient donc de rechercher quels ont pu être les facteurs responsables de cet état de fait : avancement des techniques, date de l'installation, circulation de l'air au ras du sol.

La carte des orientations des bassins de marais salants.

L'examen de la carte des orientations des bassins de marais salants dans le marais de Brouage *(figure 88)* montre que ces dernières se regroupent en trois ensembles spatiaux : en bordure des îles et du continent, une disposition souvent perpendiculaire au relief ; entre Saint-Just et Saint-Jean d'Angle, une grande dispersion des orientations avec une prédominance au Nord-Est ; dans la partie centrale et près du chenal de Mérignac une orientation nord-Ouest.

L'orientation Nord-Ouest qui est celle des bordures du bassin et du Havre de Brouage se trouve bien réalisée dans la partie centrale, lors même que les chenaux sont Sud-Nord. Dans cette partie centrale, les vents de Nord-Ouest au sol sont en effet canalisés par les cordons de Plaisance et l'île du Busson, au Nord, élevés de 5 m, les îles d'Hiers et d'Erablais au Sud qui atteignent 12 et 26 mètres ; un phénomène voisin peut être observé entre Hiers et Marennes, de part et d'autre du chenal de Mérignac. Par contre l'orientation au Nord-Est entre Saint-Just et Saint-Jean d'Angle est plus surprenante, mais s'éclaire si l'on observe que les bassins se disposent en croissant devant la péninsule de Broue, qui atteint 38 m, comme si les filets d'air divergeaient devant l'obstacle ; M. MAINGUET a montré une disposition comparable des accumulations sableuses à l'amont de l'Ehi Atroun(1976, p. 33), dues à des ondes approximativement stationnaires, couramment désignées sous le nom d'ondes de relief. Si l'on retient cette hypothèse, la présence de bassins orientés perpendiculairement aux limites du marais n'est pas en accord avec les vents du Nord-Ouest, mais semblerait plutôt soumise à l'effet de brise qui devait régner lorsque ces régions étaient plus littorales que de nos jours.

La carte de l'orientation des bassins de marais salants peut donc s'expliquer au moins en partie par la dynamique éolienne au sol. Cependant de nombreux bassins présentent des orientations aberrantes, en particulier dans la frange Nord entre Plaisance et Saint-Agnant ; le tracé des filets d'air y est en effet fort complexe en raison des contraintes topographiques : l'installation des marais salants, sans doute antérieure a pu se faire dans l'ignorance de cette contrainte. B. PALISSY (1580) n'envisage en effet que les conditions de proximité du chenal de marée à côté des conditions géologiques et techniques (nature du bri, dimension des bassins, etc...); et ce n'est guère qu'un siècle plus tard que BEAUPIED-DUMESNIL (1765) insiste sur le rôle du vent.* D'ailleurs, les marais du bassin de Rochefort dont l'exploitation a cessé dès le XIIème siècle ne semblent guère adaptés aux vents de Nord-Ouest.

Ainsi, il semble que les sauniers aient tenu compte, au moins pendant la période récente, de l'orientation du vent dominant au sol pour installer leurs marais salants ; cette hypothèse pourrait être confirmée par des documents historiques ou par la réalisation d'un modèle physique, mais semble en bon accord avec les observations géomorphologiques de M. MAINGUET (1976) faites à une toute autre échelle. Dès lors, l'étude détaillée des paysages de marais salants pourrait constituer un modèle pour l'étude des vents au sol.

- Des «friches manufacturières»

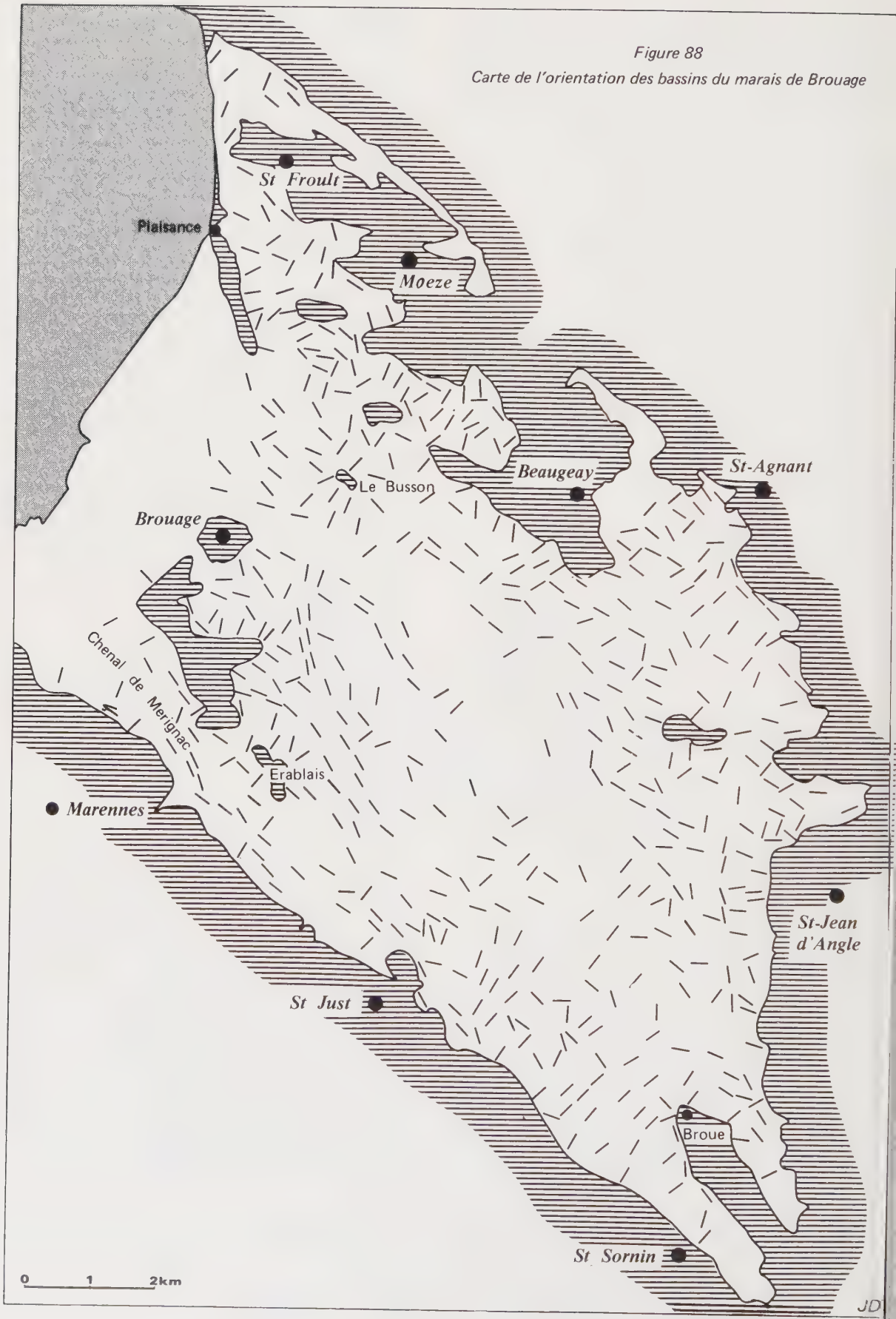
Non seulement chaque exploitant s'est adapté aux contraintes naturelles du sol ou de l'atmosphère, mais les paysages ainsi construits se disposent en un ensemble spatial et fonctionnel dont la *figure 89* montre les principales articulations : l'eau salée parvenait aux différentes salines par des chenaux de marée appelés le plus souvent **étiers** (selon G. MUSSET, 1882, p. 915, ce terme désigne «un canal propre à l'établissement d'un moulin à eau»). Ces étiers persistent dans le paysage et les limites communales y sont souvent fixées : le sel produit était exporté par barques empruntant ces mêmes étiers. Par contre, les exploitants circulaient sur des chemins «saunerets» («chemins qui conduisent aux marais salants ou aux dépôts de sel», G. MUSSET, 1882, p. 920) installés dans les marais sur des digues ou «taillées», dont les dimensions ont été codifiées par LE TERME (1826) selon qu'elles étaient destinées ou non au passage des charrettes. Ces taillées sont particulièrement visibles sur la carte d'Etat-Major et sur les cartes récentes, même lorsqu'elles ne sont plus employées. La *figure 89* restitue leur tracé pour les marais de Brouage et de la Seudre. Alors que les étiers dessinent un réseau dendritique, les taillées se disposent en antennes depuis la bordure continentale. Nous avons montré (R. REGRAIN, 1976c, 1977) que cette disposition pouvait être comparée à celle des circuits des matières et des personnes dans les manufactures ou les industries et qu'ainsi les marais gâts pouvaient être assimilés, **mutatis mutandis** à des «friches manufacturières» comme il existe des friches industrielles.

Vers la fin du XVIIIème siècle, une grande partie de ces marais avait été abandonnée : selon LE TERME, sur plus de 21 000 hectares de marais, 42 % étaient en

* La comparaison des figures 83 et 88 suggère cette adaptation progressive à la direction des vents.

Figure 88

Carte de l'orientation des bassins du marais de Brouage



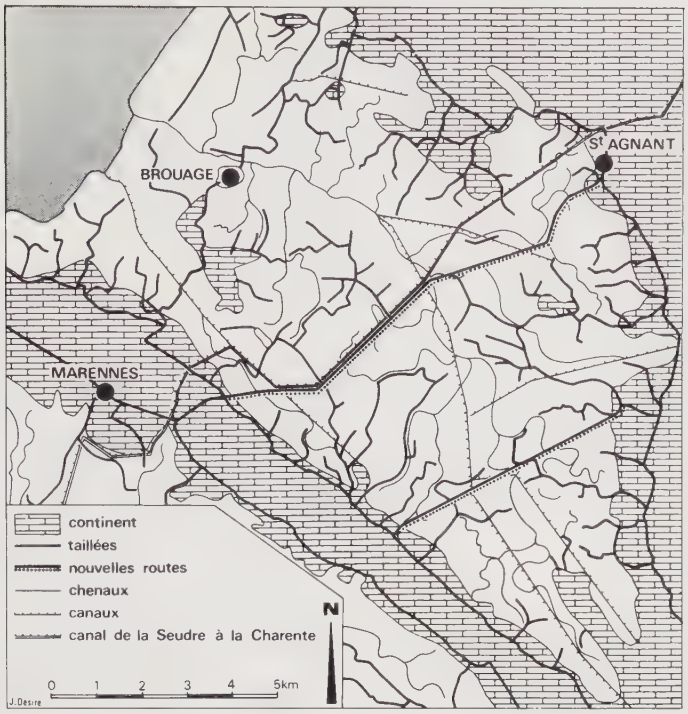


Figure 89

Principaux chenaux de marée et chemins d'accès («taillées») dans le marais de Brouage

marais salants, 38,6 % en marais gâts et 19,4 % en «marais doux ou marais naturels, formés par l'accumulation des eaux pluviales» (p. 129 et 177). * Dès le début du XVIIIème siècle, plusieurs projets de drainage des marais gâts ont été présentés : C. MASSE proposait de réaliser une sorte de «marais desséché» entouré de digues entre Brouage, Erablais, Malaigre et le Grand Garçon, où se serait concentrée l'exploitation salicole, le reste du marais étant inondé *(figure 90)* ; la «Compagnie de Madame la Princesse de Conti» présenta en 1747-48 un projet plus complet de drainage et d'assainissement dont se sont inspirés les ingénieurs de l'époque des Physiocrates ; sous la direction de Guéau de REVERSEAUX entre 1779 et 1782, un réseau de canaux a été établi ; avec «l'aide de 10 à 12 régiments» (selon LE TERME), les travaux furent rapidement menés. L'entretien reprit après la Révolution ; le Canal de Saint-Agnant fut réaménagé en 1804 ; le réseau des canaux principaux *(figure 91)* se compléta sous la Restauration par toute une série de canaux et de fossés dont les différentes Associations syndicales ont la charge. Un véritable «remembrement» avant la lettre traça les fossés à travers les bassins et bosses de marais salants ; c'est dans ce paysage du XIXème siècle - où les droits de propriété furent clarifiés - que se déroule actuellement la vie agricole des marais gâts.

V - L'HOMME ET LE PRISME LITTORAL : L'OSTRÉICULTURE

1) Les types de claires

Sur les rives de la Seudre - ainsi que dans l'île d'Oléron - les marais salants ont rapidement reculé devant l'ostréiculture (dès le XVIIème siècle, l'huître de Marennes était appréciée à Versailles). Les marais de la Seudre présentent la même disposition que le marais de Brouage, mais les aires saunantes y sont extrêmement rares, soit qu'elles aient été réutilisées pour aménager des claires, soit plutôt que les bassins et bosses que l'on observe actuellement aient servi de «marais à poissons» plutôt que de marais salants ; cette dernière hypothèse est valable surtout pour la partie continentale du marais, proche de l'Eguille ; à l'Ouest, près d'Artouan on retrouve les trois types de marais identifiés dans la région d'Hiers Brouage, mais les petites exploitations et les moyennes sont plus rares. Ceci suggérerait que des prises pour salines se sont développées surtout à l'époque moderne. La plupart de ces prises ont été réutilisées postérieurement pour l'installation des claires dans le fond des bassins : cette substitution a été partielle, car seuls les bassins situés à proximité des chenaux de marée pouvaient recevoir suffisamment d'eau salée pour l'élevage de l'huître. Plus en «amont» de ces claires, les bassins servent de marais à poissons car les arrivées d'eau douce - appelée doucin - gênent beaucoup moins cet élevage que celui des huîtres ; sur la bordure Nord persistent quelques marais gâts. *(figure 71*, p. 122).

* Aucune mention n'est faite ici des bassins ostréicoles compris dans l'arrondissement de Marennes.

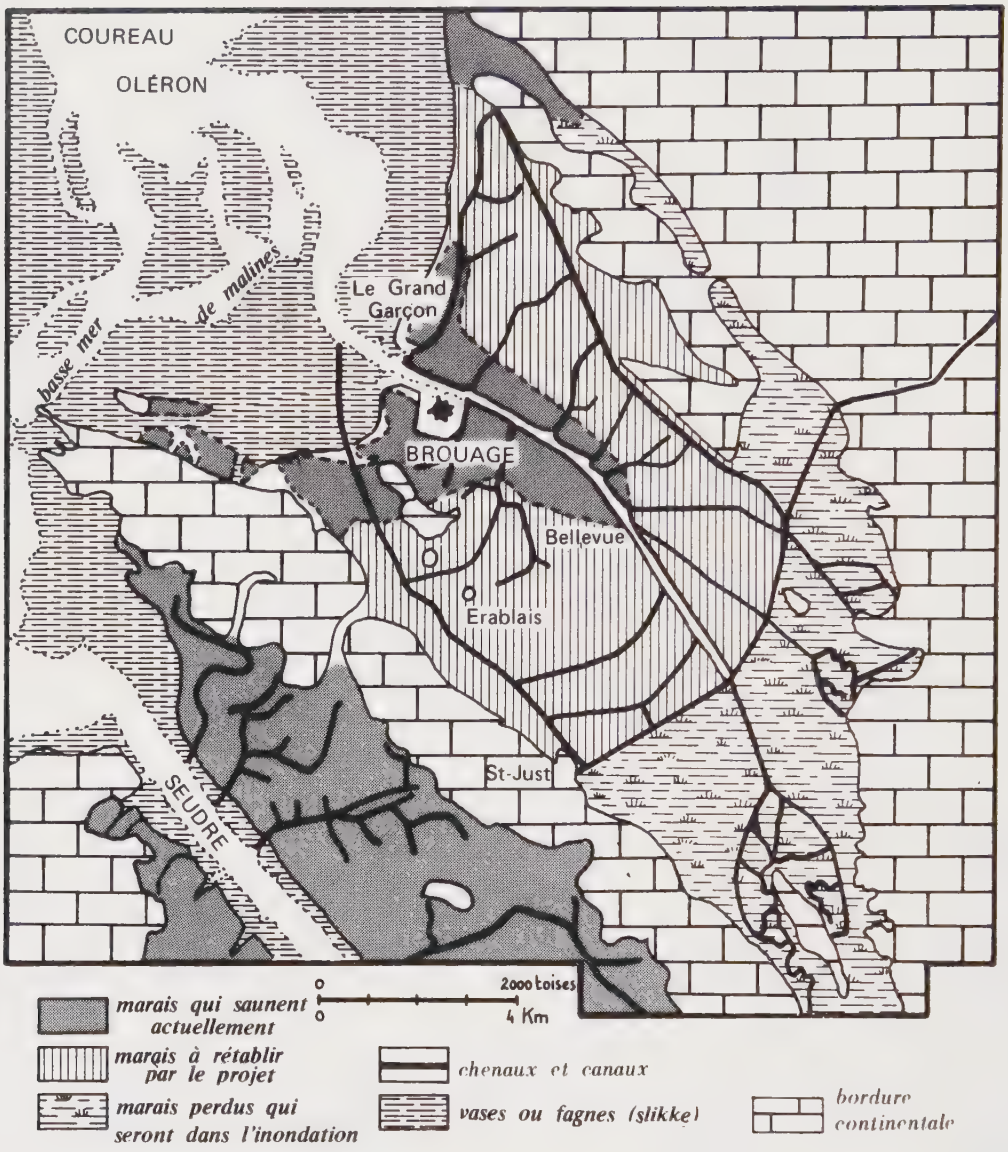


Figure 90

Projet d'aménagement du marais de Brouage d'après Cl. MASSE

Figure 91
Réseau principal d'assainissement du marais de Brouage

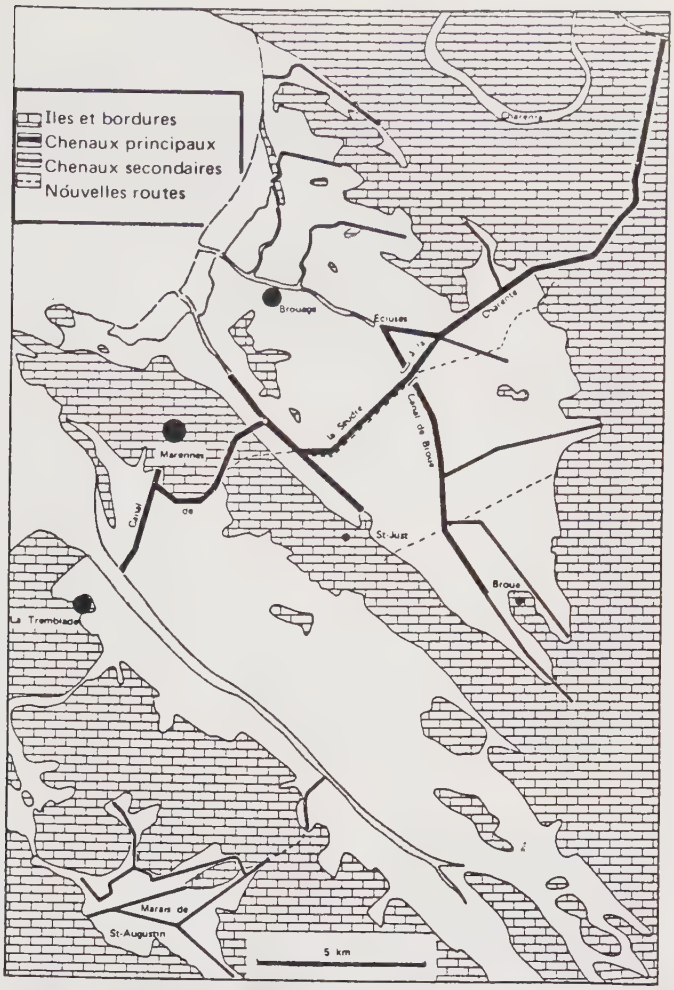


Figure 92
Aménagements des marais de Nieulle sur Seudre au milieu du XIXème siècle

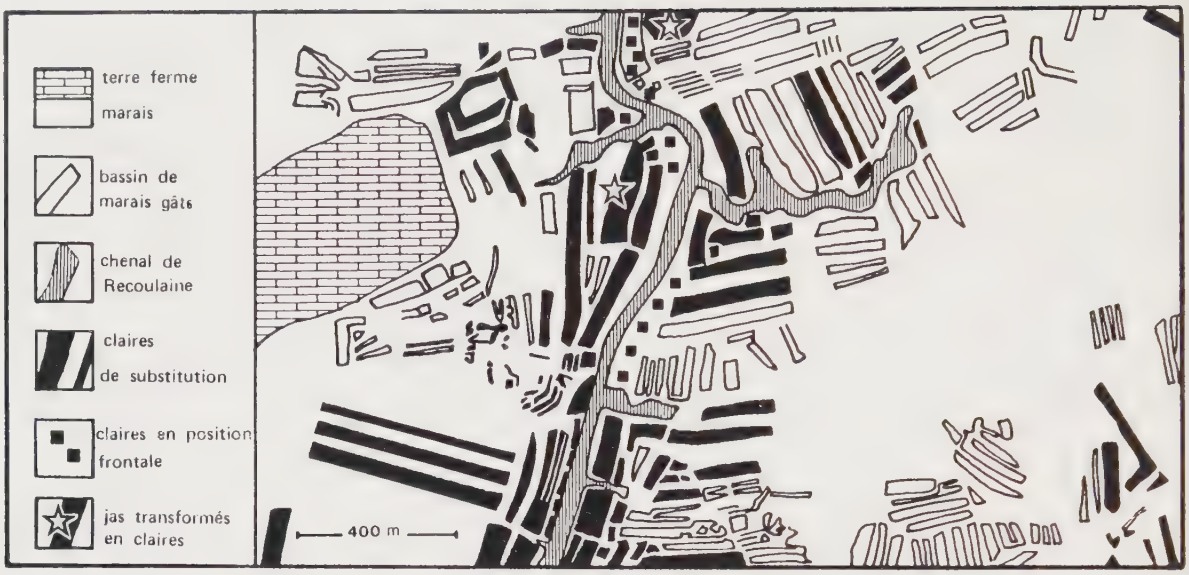


Figure 93

Réaménagements de marais gâts pour l'ostréiculture, près d'Artouan

2) Les contraintes de l'alimentation en eau

A côté de ces claires de substitution, souvent appelées «claires hautes»*, l'espace situé en avant des digues installées avant 1860 environ *(figure 92)* a été submergé par des claires polygonales dont le lacis tranche brutalement, vu d'avion, sur la régularité géométrique des claires situées en arrière des digues *(figure 71)*. Ces «claires en position frontale» ont couvert pratiquement tout l'espace disponible sur les schorres situés en avant des digues, non seulement aux dépens de la Seudre, mais aussi le long de tous les chenaux de marée, comme le montre la *figure 93*, pour le chenal de Recoulaine à l'Est d'Artouan ; localement d'anciens jas ont même été creusés de claires.

A côté de la contrainte de la proximité des chenaux, le niveau du sol dans la claire doit être tel que l'huître puisse se développer sous trente à quarante centimètres d'eau. Les nivellements du pont de la Seudre ainsi que ceux que nous avons réalisés dans la Prise à Maillard et les Prises de Longchamps au Sud-Ouest de Nieulle sur Seudre*ont montré que les diguettes sont de dix à vingt centimètres plus élevées que le schorre voisin : la moindre dénivelée nécessite un creusement plus important, et on risque d'atteindre alors des couches du sol moins aptes à porter les claires.

La possibilité d'utiliser l'eau de mer amenée par les étiers n'est en effet pas la seule contrainte naturelle pour l'installation des claires. Le sol doit, comme pour les marais salants, être formé d'argile légèrement sableuse sur une profondeur de l'ordre de quarante à cinquante centimètres. Partout où cette condition n'est pas réalisée, même à proximité des chenaux de marée, il devient impossible d'établir des claires ; c'est sans doute là l'origine de la bande de «marais plats» qui réunit Artouan, Nieulle, Souhé et le Fief au Nord de l'Eguille : le substrat calcaire apparaît dès 30 - 60 cm de profondeur, surmonté de quelques dépôts sableux.

Ainsi les ostréiculteurs ont-ils, comme les sauniers dont ils sont parfois les descendants, composé le plus possible avec les contraintes d'un milieu dont la subhorizontalité n'est pas synonyme d'uniformité ou de banalité. Au contraire, l'aménagement pour l'ostréiculture, pour des questions d'accessibilité des eaux, de niveau de marée et de nature du sol est-il au moins aussi «déterminé» que celui des marais salants : il devient possible d'établir un «modèle» de disposition des claires à partir des chenaux de marée. Sur la *figure 93*, l'établissement des claires n'est possible que sur une largeur de 5 à 600 mètres de part et d'autre du chenal ; le long des chenaux affluents, la bande utilisable s'amenuise vers l'amont en raison de la moindre alimentation en eau marine et du «doucin» venu du drainage des marais latéraux ; dans le cas d'anciens marais salants, le relèvement du niveau des bassins dû à l'ancienneté de l'abandon des salines intervient aussi.

Dans la mesure où la longueur de cette bande est fonction de la quantité d'eau salée qui oscille avec la marée, donc de la section mouillée du chenal à son confluent, l'établissement de claires en position frontale qui réduisent ce volume paraît une pratique préjudiciable à l'utilisation des bassins situés plus en amont ; l'«amont» du chenal a alors tendance à s'envaser d'autant qu'une partie de l'activité des ostréiculteurs consiste à «parer» les claires, c'est-à-dire à les dévaser en rejetant les déblais sur les diguettes ou dans le chenal. Il n'est pas étonnant dès lors que les claires éloignées de la mer «montent» comme disent les ostréiculteurs : leur fond se couvre d'alluvions. En comparant ce modèle à celui des marais salants, on peut se demander si la multiplication des claires en position frontale ne risque pas d'entraîner l'asphyxie des exploitations éloignées de la mer, comme les marais salants construits en bordure des chenaux ont contribué à précipiter la ruine des marais situés en position plus interne.

*Dans les claires hautes, les eaux sont renouvelées à partir des marées de cœfficient 80 et plus ; les claires basses sont alimentées par les marées de cœfficient supérieur à 65-70 (J. MOREAU, 1970, p. 412) ; leurs cotes seraient donc de l'ordre de 1,1 à 1,7m NGF ; voir p. 188 et 221.

Ainsi les formes de l'activité humaine sur le littoral charentais se sont-elles modulées successivement sur les contraintes du milieu naturel (nature des alluvions, fréquence des chenaux, vitesse de progression des schorres, niveau du marais, présence d'eau douce (doucin), etc...), interprétées différemment selon les époques et selon la spéculation envisagée. Les marais charentais constituent donc un véritable musée de plein air de formes d'aménagement des marais maritimes : prises agricoles, prises salicoles, prises ostréicoles. Il s'agit d'un musée vivant, d'une sorte d'écomusée, avec de nombreuses formes de réaménagement ; un terrain, naguère agricole, peut devenir ostréicole ou présenter un grand intérêt pour la chasse, une saline être transformée en pacage, en terre de labour, en «carrière» d'argile, en marais à poissons et peut-être demain, en casiers de mariculture. Les prises ostréicoles semblent plus stables, mais la généralisation de l'huître japonaise, le grand nombre des exploitants, les oscillations du marché risquent de conduire à une certaine réadaptation dans les décennies proches.

Les Marais Charentais, dont on vient de présenter les paysages principaux à l'intérieur de leur cadre géologique et géomorphologique, apparaissent comme un milieu où l'homme a joué un rôle fondamental pour l'aménagement ; rien ne peut se comprendre de la géomorphologie de ces marais sans intégrer l'action humaine, au moins aux échelles du géosystème ou du géofaciès, c'est-à-dire entre le 1/20 000 et le 1/100 000 environ (R. REGRAIN, 1976, c). Aussi bien L. PAPY (1941) qu'H. ENJALBERT (1960) et F. VERGER (1968) avaient été sensibles à ce problème éminemment géographique, mais la réflexion taxonomique, vigoureusement menée en particulier par J. TRICART (1965 et 1972) n'était pas suffisamment avancée pour qu'ils puissent en tenir compte explicitement.

C'est en effet avec le développement de la géographie après 1950 que la cartographie est apparue comme un moyen de synthèse particulièrement riche. Il n'entre pas dans notre propos de retracer l'évolution de ce moyen d'expression (F. JOLY, 1976) ; il suffira de noter ici que la cartographie thématique, c'est-à-dire celle qui ne représente qu'un ou deux phénomènes, de façon analytique, est la plus répandue. La carte est synthétique par juxtaposition de phénomènes, et non par intégration des phénomènes dans des unités de paysage par exemple, comme cela a été réalisé par l'Atelier Régional des Sites et Paysages pour l'Atlas de Picardie (pl. K 2). On s'efforcera donc de présenter une carte de synthèse du marais de Rochefort.

Etablir une carte pose les problèmes de définition de l'échelle, de la légende, des signes cartographiques, une fois défini le but de cette cartographie.

I - DÉFINITION DE L'ÉCHELLE

Une carte analytique de régions de marais doit montrer la nature et la cinématique du trait de côte, les caractères physionomiques des paysages de marais ainsi que les faits d'aménagement interne. Selon le but proposé et les moyens disponibles, on peut hésiter entre le 1/10 000, échelle bien adaptée à l'aménagement local, et le 1/100 000, échelle un peu petite, mais qui permet d'embrasser rapidement les principaux traits caractéristiques du milieu (et coûte 100 fois moins cher que la cartographie à 1/10 000). Le 1/100 000 a été retenu pour la cartographie des sols, le 1/50 000 est l'échelle de la carte géomorphologique détaillée, alors que le 1/10 000 paraît le plus adapté à la représentation de la dynamique littorale (F. VERGER, E. AUPHAN, C. MONIOT, 1972).

On proposera donc une cartographie du Marais de Rochefort où les paysages sont les plus variés à l'échelle de 1/50 000. Pour des besoins particuliers, aménagement localisé, problème géographique ou écologique précis, on pourra atteindre le 1/10 000. On préfèrera ici une cartographie globale même si elle peut paraître simple, à une cartographie très détaillée et ponctuelle.

2 - CONTENU DE LA CARTE : LEGENDE

A l'échelle de 1/50 000, on ne peut représenter tout ce que les néerlandais ou les japonais portent sur leurs cartes à 1/10 000. Seules les composantes principales du géosystème des marais apparaissent : grands ensembles de paysages naturels, principaux faits d'aménagement, trait de côte qui limite vers la mer la partie continentale du prisme littoral.

D'autre part, il s'agit d'une carte de géographie physique et non d'une carte géomorphologique, voire topographique à l'instar de certaines cartes américaines (R.B. Mc EWEN, W.J. KOSCO, V. CARTER, 1976) pour lesquelles, au 1/24 000 pourtant, les marais «doux», saumâtres ou salés sont confondus (p. 223) : la distinction ne portant que sur les marais boisés, couverts de mangrove ou non.

Par contre, en Charente Maritime comme sur le littoral américain, il est possible de distinguer les marais habituellement inondables des marais le plus souvent hors d'eau, de classer à part les marais à végétation arbustive ou arborée. Une telle carte se situe en deçà de la carte hydrogéomorphologique de J. TRICART et alii (1972) ; elle reste descriptive, morphographique plus que morphologique, mais cela paraît nécessaire à cette étape des travaux. Cette carte intègre, en raison de son échelle, des faits aussi divers que la nature du sol, la fréquence des inondations, la taille de la végétation spontanée. On retrouve là une idée déjà exprimée par G. LONG (1974) ; mais la référence principale, le «postulat» (p. 75), n'est pas systématiquement phytosociologique, mais modulé différemment suivant les milieux : le tableau 20 essaie de codifier de façon qualitative l'importance de différents facteurs pour la détermination cartographique des unités physionomiques de paysage des Marais Charentais.

A côté de ces traits physionomiques, paysagers, pour lesquels le point de vue est en quelque sorte externe, il importe de souligner l'importance de l'action humaine, pour le drainage et l'endiguement qui protègent des eaux, pour la circulation, pour les aménagements anciens (marais salants) ou contemporains : les pages qui précèdent contiennent la plupart des informations partielles nécessaires à cette cartographie.

	marais plats	marais mouillés	marais gâts	zones humides
eau	2	1	2	1
relief	1	2	1	3
végétation	2	1	3	2
sol	3	2	2	1

1 : facteur principal 2 : secondaire 3 : occasionnel

Tableau 20 :
Importance de différents facteurs
pour la détermination d'unités physionomiques

Plus délicate est la cartographie de la dynamique littorale, surtout à l'échelle de 1/100 000. En s'inspirant des travaux de F. VERGER (1968 b, p. 13) qui distingue statique, cinématique et dynamique, ainsi que de la légende de la carte de l'environnement et de sa dynamique (A. JOURNAUX, 1975, p. 10), on généralisera le procédé graphique qui fait apparaître le trait de côte comme la ligne d'affrontement entre la mer et la terre, l'élément atmosphérique intervenant différemment selon le type de côte. Le trait de côte lui-même sera représenté avec les signes de la légende de la carte géomorphologique détaillée, généralisés par rapport à l'essai de carte à 1/25 000 réalisé par M. BLANCHO (1973) sous la direction du Professeur G. MAURER.

3 - LA CARTE DU BASSIN DE ROCHEFORT

Elle fait apparaître les trois caractéristiques essentielles de ce marais : le cloisonnement par les îles, la rareté des véritables digues, la fréquence et la

la carte en couleurs est à prendre dans la pochette en fin de volume.

dispersion des zones humides ; bien que la géomorphologie, au travers de la géologie, y paraisse simple, les problèmes de réaménagement seront sans doute ardus dans un tel marais.

a) Fréquence et dispersion des zones humides

Le marais de Rochefort n'a été que partiellement utilisé pour le sel, et seulement dans sa partie nord-ouest. Cette région de marais gâts est relativement bien drainée car elle est proche de la mer;des salines peu profondes et anciennes (IX-XIème siècles), rapidement abandonnées, ont laissé des dépressions beaucoup moins profondes que dans le bassin de Brouage.

Paradoxalement, les marais «plats» sont plus humides que les marais «gâts». En effet, l'observation du terrain montre des zones humides à l'est d'Agère ainsi qu'au sud de l'île d'Albe, dans la Petite Flandre. Des parcelles entières sont couvertes d'eau jusqu'à une époque avancée de l'année, et le restent plusieurs jours après chaque pluie. Althea communis (Guimauve), Phragmites australis (Roseau), Schoenoplectus lacustris (le Jonc) y croissent (J.P. MAS et P. SIMONNEAU, 1972 ; figure 70). Leur situation, en amont du réseau de drainage ou assez loin de l'exutoire rend le drainage difficile ; leur humidité quasi permanente est due au mauvais écoulement des eaux pluviales (marais de Flandre) mais aussi au déversement des nappes du Kimméridgien supérieur, vers Voutron. Dans ce secteur en effet, P. BOURGUEIL et P. MOREAU (1972, p. 22) ont observé qu'une ondulation anticlinale à l'Isleau bloque l'écoulement des eaux du Séquanien transitant dans le Kimméridgien.

H. ENJALBERT (1960, p. 161) avait indiqué à la périphérie du marais de Rochefort, une ceinture de marais mouillés. Le terme est défini dans le marais Poitevin où les rivières de la «Plaine» inondent régulièrement la partie du marais proche de leur débouché : le sol, régulièrement enrichi de limons fluviatiles comporte aussi bien des tourbes que du bri (J. DUPUIS, P. JAMBU, R. NIJS, 1969 ; C. BRION, 1973), son altitude est voisine de celle du marais, voire plus élevée malgré le tassement. La végétation naturelle se caractérise par les roseaux, les massettes (Typha angustifolia), les aulnes, les saules, les frênes et, plantés, les peupliers. Ce type de paysage est mal caractérisé dans le marais de Rochefort à l'exception du débouché de la Gère (Gué Charrau) et de la région au sud de Muron : c'est en effet pratiquement le seul secteur (naturellement) boisé du marais, mais aussi celui où l'aquifère discontinu à porosité de fissures du Séquanien entre directement en contact avec le bri. La faible représentation des tourbes dans les sols provient sans doute à la fois de cette alimentation phréatique, de la faible pente de la Gère en amont du marais : ses eaux sont le plus souvent largement décantées lorsqu'elles pénètrent dans le marais, et d'un meilleur drainage. Vers Fougerolle, à ces eaux phréatiques s'ajoutent les eaux de ruissellement qui imbibent une vaste zone colluviale, pour créer une sorte de marais sinon mouillé à l'égal de la «Venise verte» des environs de Niort, du moins assez boisé. Partout ailleurs, les diverticules étroits du marais, au vaste impluvium terrestre, localisent çà et là quelques marais où les formations colluviales sont plus humides que le bri voisin.

Ainsi, les marais mouillés n'existent guère que sous forme de lambeaux discontinus à la périphérie du marais de Rochefort : il s'agit plutôt de franges localisées, aux caractéristiques moins nettes que dans le Marais Poitevin. Davantage alimentés par les exutoires de nappes phréatiques dont l'écoulement est guidé par la tectonique que par des rivières, ces marais mouillés - que l'on peut préférer appeler marais doux (marais qui ne contiennent que de l'eau douce, par opposition aux marais salants, selon G. MUSSET, 1882) - sont bien plus pauvres en tourbes que les marais mouillés poitevins.

b) Le trait de côte

Les caractéristiques essentielles en ont été rappelées ci-dessus : succession de secteurs soumis à l'érosion et de zones d'accumulation ; la stabilité dynamique qui caractérise les secteurs où les formes ne semblent pas varier alors que les matériaux sont mobiles est assez peu représentée. Sur les côtes à falaises de la presqu'île de Fouras, la carte de M. BLANCHO (1973) met en évidence un secteur battu face à l'ouest et des littoraux moins violemment érodés au nord comme au sud, où entre 1969 et 1976 un schorre s'est développé sur un

platier rocheux recouvert par la vase. La prise en compte de la dynamique de l'estran, appréciée par des observations de terrain permet d'expliquer ces phénomènes : l'estuaire de la Charente ainsi que le fond de l'anse de Fouras apparaissent comme les secteurs préférentiels de sédimentation, en liaison avec les apports fluviaux ou le remaniement des fonds.

Cette carte, synthèse des observations faites avec les méthodes classiques d'étude des régions littorales reste cependant insuffisante. Les ensembles de paysages du marais, définis de façon statique, restent insuffisamment expliqués : quelle est l'origine de ces zones habituellement humides dont le tracé allongé évoque des chenaux de marée ; pourquoi l'eau stagne-t-elle dans telle région; n'y a-t-il pas là un problème d'altitude du marais ; enfin, quelle est la nature du bri ? Ce sera l'objet du livre second.

II. LES METHODES CONTEMPORAINES D'ETUDE DES MARAIS MARITIMES

1 - Photographie aérienne infrarouge et planimétrie

2 - L'altitude des Marais Charentais

3 - Le remblaiement des Marais Charentais

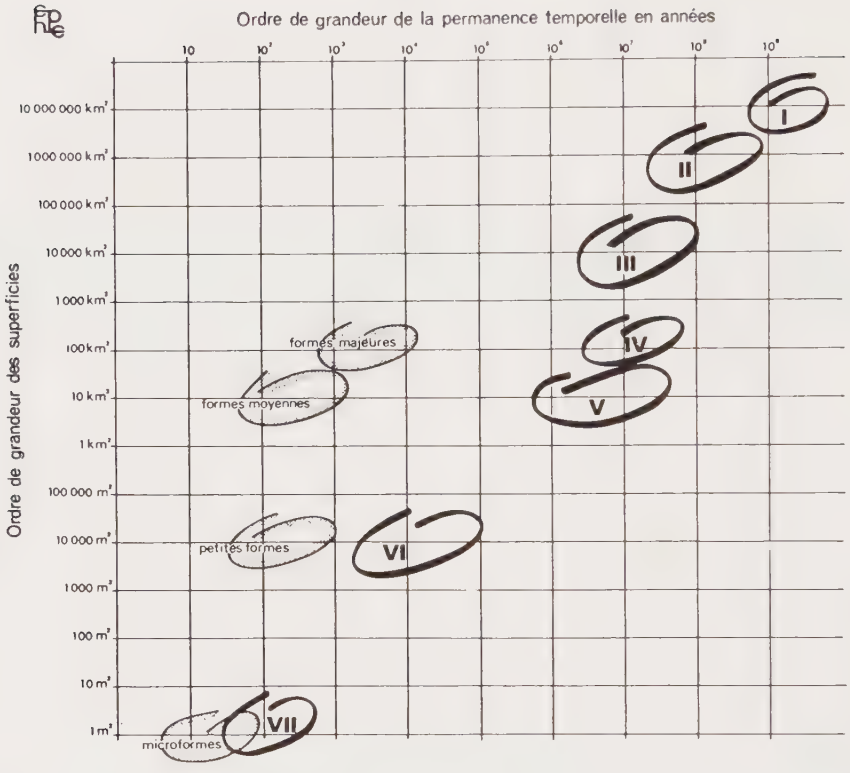


Figure 95 :

Position taxonomique des formes de relief des marais maritimes dans l'échelle spatio-temporelle de la Géomorphologie

extrait de F. VERGER, 1971, p. 164

Nous venons d'étudier la géographie physique des Marais Charentais selon les méthodes classiques : le cadre structural et «géomorphologique», l'influence des eaux et de l'atmosphère, l'activité humaine responsable de la géomorphologie. Pourtant, définir le cadre et les caractéristiques des marais, même à 1/50 000 reste insuffisant pour des espaces dont on vient de souligner la complexité : un changement d'échelles et de méthodes est alors nécessaire.

Dès lors, au lieu de raffiner les études par les méthodes classiques, en étudiant par exemple en détail l'évolution d'un versant ou la dynamique des inondations sur une parcelle témoin, on a préféré utiliser des techniques récentes qui paraissaient plus aptes à faire ressortir l'originalité des marais. Une fois la technique définie et testée sur une région déterminée, on s'est efforcé de la généraliser à l'ensemble des Marais Charentais.

Beaucoup de techniques étaient disponibles, appartenant par exemple à la géologie du Quaternaire, dont les chercheurs néerlandophones avaient montré l'intérêt, ou à la biogéographie des zones humides pour lesquelles aussi bien les travaux français (J.M. GEHU et coll., 1976) qu'américains pouvaient servir de guide. C'est ainsi que l'on a pu s'initier tour à tour à la photographie aérienne, à la topographie, à la sédimentologie, à la palynologie, à la biogéographie, à la minéralogie des argiles, etc... ; dans chaque domaine les problèmes rencontrés étaient nombreux et passionnants. Mais le sentiment de s'éloigner de l'aspect sensible des choses, de leur disposition spatiale, de leur organisation réciproque, des actions et interactions effectivement sensibles à l'échelle «humaine», a retenu de pratiquer exclusivement une ou deux techniques particulières, le projet de la géographie physique paraissant être de comprendre plus l'organisation spatiale des phénomènes que leur évolution diachronique.

Les formes de relief des marais maritimes ne peuvent être étudiées sans en connaître la planimétrie et l'altimétrie, et ce d'autant plus que F. VERGER (1971, p. 164) avait montré leur originalité spatiotemporelle par rapport aux formes du relief continental (fig. 95). Une fois situées et mesurées, les formes pouvaient être expliquées avec les méthodes de la géologie du Quaternaire, dont la géomorphologie et la pédologie sont les plus grandes utilisatrices.

Le choix des techniques fut donc guidé par la nécessité de décrire des formes existantes dont la documentation classique rendait insuffisamment compte : on s'est efforcé de compléter les cartes en utilisant le document de base pour la cartographie, la photographie aérienne, ainsi que les méthodes usuelles de l'altimétrie que la géographie physique avait jusqu'alors peu utilisées. Enfin, on s'est efforcé de montrer ce que les techniques «géologiques» peuvent apporter.

Ainsi, la géomorphologie redevient l'étude des formes du relief et non un simple chapitre de la stratigraphie du Quaternaire ; la perspective «historique», diachronique - dont on ne nie pas l'intérêt - n'est utilisée que comme un facteur d'explication parmi d'autres. Les marais maritimes peuvent donc, à une échelle différente de celle de nos devanciers, être ré-examinés. C'est le propos de cette seconde partie.

1. Photographies aériennes sensibles à l'infra-rouge et planimétrie

A - MÉTHODOLOGIE

Les photographies aériennes, après un siècle d'existence, se sont prodigieusement diversifiées et constituent pour l'étude de la surface du globe un document irremplaçable, «une sorte d'archives universelles dans laquelle nous pouvons puiser indéfiniment des documents précieux pour la recherche» (E. de MARTONNE, 1935). Les documents disponibles sont d'échelles très diverses, de 1/5 000 à 1/100 000 couramment, de sensiblités spectrales variées, en noir ou en couleurs ; elles ont souvent été réalisées pour l'établissement ou la mise à jour de cartes, et peuvent ne pas être adaptées aux besoins de telle ou telle recherche : en ce domaine, la géographie utilise des documents qui ne sont pas établis spécialement à son usage. Selon la date de prises de vue, les conditions climatiques, hydrologiques et phénologiques peuvent permettre ou non de détecter tel ou tel objet (R. AGACHE, 1970; J. DASSIÉ, 1978). Elles peuvent servir à différents stades de la recherche, soit comme document de base, soit comme simple illustration.

I - LES PHOTOGRAPHIES AÉRIENNES

Enregistrements sur une surface sensible des radiations du spectre lumineux réfléchies par une partie de la Terre, les photographies aériennes peuvent être caractérisées par la partie du spectre solaire à laquelle est sensible leur émulsion, le rayonnement solaire réfléchi étant «porteur» d'informations. On distinguera ainsi les clichés panchromatiques, dont la courbe de sensibilité spectrale admet des limites voisines de celles de l'œil humain *(figure 96)*, et les clichés infrarouge *, sensibles à des radiations non captées par l'œil.

En France, des missions photographiques, régulières ou occasionnelles, sont effectuées depuis un demi-siècle environ. Les missions régulières ont des buts essentiellement cartographiques : elles servent à préparer ou à mettre à jour les cartes topographiques de l'Institut Géographique National ; elles sont donc prises dans les meilleures conditions atmosphériques, de navigation aérienne et de visibilité, c'est-à-dire par beau temps, et durant le printemps et l'été de préférence. Les missions occasionnelles sont faites à la demande d'utilisateurs particuliers (Inventaire forestier, Services de l'Equipement le plus souvent), par l'I.G.N. ou par des organismes privés. Ces deux types de documents sont en principe déposés à la Photothèque Nationale (I.G.N.). Des photographies aériennes régulières ou occasionnelles effectuées par les armées allemande entre 1939 et 1944, américaine en 1944-45, française le plus souvent, d'accès difficile, ne peuvent généralement être publiées aussi longtemps qu'elles n'ont pas fait l'objet d'une procédure de déclassification. Enfin, il est possible de réaliser des photographies obliques à l'aide d'appareils 24x36 ou 6x6 depuis un avion d'aéro-club (R. AGACHE, 1970 ; J.Y. DESDOIGTS, 1973). Sur le littoral charentais, les missions suivantes peuvent être consultées : *(tableau 21)*.

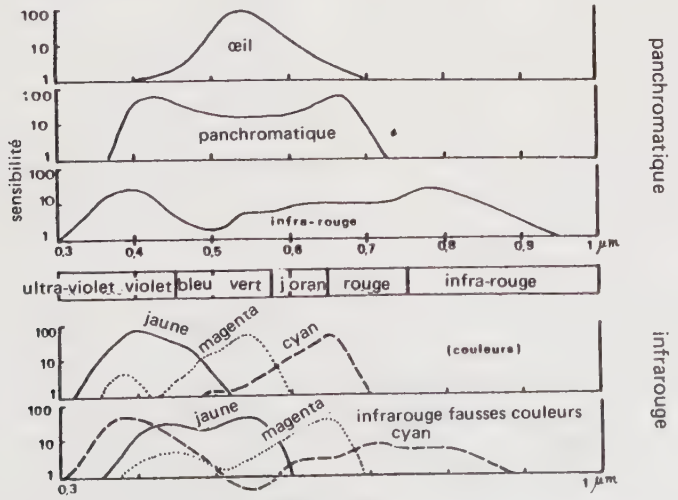


Figure 96 :

Sensibilité spectrale de l'œil et de différentes émulsions photographiques

Extrait de C. CAZABAT, 1969.

* On écrit «photographies infrarouge» pour photographies réalisées sur émulsion sensible à l'infrarouge.

Type	Date	Référence	Format	Echelle	N° des clichés
	1920	IGN-NP 13	18 x 24	1/20 000	R7 : 1 à 67 ; R9 : 1 à 6, 17 à 25, 34 à 37
	1945	IGN-USA	24 x 24	1/40 000	Aviation USA France Sud-Ouest : 5095 : 1 à 4 ; 5199 : 1 à 10 ; 6062 : 63 à 68 ; 6152 : 124 à 128 ; 8080 : 4 à 11, 151 à 155 ; 8104 : 1 à 6.
R	1950	IGN	13 x 18	1/25 000	Marennes Matha : 253 à 293, 347 à 385, 435 à 455, 458 à 470.
	?	IGN-CDP 1568	31 x 31	1/5 000	5436 à 5440
R	1957	IGN	18 x 18	1/25 000	Marennes Matha : 43 à 56, 65 à 71, 149 à 176 225 à 263, 271 à 278
O	1957	BA-Rochefort	18 x 24	1/5 000	Mission Continent Oléron, 12 clichés
R	1958	IGN-FR 115/350	19 x 19	1/35 000	5 à 13, 19 à 33
O	1964	IGN-FR 760/150	24 x 24	1/15 000	IR
O	1967	Essai 082 - 150	24 x 24	1/15 000	C Pertuis Charentais
O	1971	FR 1971 Rochefort	24 x 24	1/30 000	57 clichés
R	1973	Ile de Ré - La Rochelle	24 x 24	1/30 000	1 - 48
R	1974	1331 - 1431 1330 - 1430	24 x 24		Marennes St Agnant : 1 à 75, Oléron - Rochefort : 1 à 81 Surgères : 11 à 13.
O	1975	2715/300	24 x 24	1/30 000	C IRC Mission Littoral Atlantique 184 à 236 ; 254 à 262 ; 280 à 304 ; 361 à 432.
		2711/200 2711/200	24 x 24 24 x 24	1/20 000	C 1 à 65 ; 111 à 130 IRC 25 à 70 ; 122 à 138
O	1976	2816/150	24 x 24	1/15 000	1 à 8 (Marennes - St Just)
		2744/200	24x24	1/20 000	C IRC Mission Littoral Atlantique : 1 à 81.

Tableau 21 :
Couvertures photographiques des Marais Charentais
(d'après les tableaux d'assemblages des photographies aériennes de l'IGN)

R : missions régulières — O : missions occasionnelles
Toutes les missions existent en panchromatique noir et blanc ; IR : infrarouge noir et blanc ; C : couleurs naturelles ; IRC : infrarouge couleurs (fausses couleurs)

Elles représentent près de 500 clichés, pris dans des conditions variables de marée, à des échelles allant de 1/5 000 à 1/40 000, par beau temps.

II - L'UTILISATION DES PHOTOGRAPHIES AÉRIENNES

On peut considérer les photographies aériennes comme un document particulièrement synthétique montrant une réalité déjà analysée par ailleurs : la photographie sert de document d'appui, et son rôle est davantage pédagogique que scientifique. On peut aussi la considérer comme le document de base de l'étude, «une banque de données» (H. GAGNON, 1974) et se livrer à une série d'analyses thématiques détaillées : c'est le parti que nous avons choisi, car il est apparu que certains aspects de la géomorphologie des marais maritimes ne pouvaient être découverts et même compris sans recourir à la photographie aérienne. Les inventaires successifs que seule permet la photographie document global, furent entrecoupés de vérifications sur le terrain, distantes de plusieurs mois. C'est ainsi que la recherche d'anciens cordons littoraux, apparaissant comme des éminences topographiques, nécessite l'inventaire complet des anomalies altimetriques, dont certaines se révèlent être des levées latérales de chenaux de marée aujourd'hui disparus ; ceci permet de vérifier la carte des chenaux précédemment établie. Ces vérifications, longues et fastidieuses en raison des difficultés d'accès aux parcelles, sont néanmoins indispensables : non seulement elles réduisent la part de «photo-imagination» qui guette le photo-interprète, mais elles obligent à des parcours répétés qui permettent des observations au sol assez denses. On rejoint alors l'opinion de P. GEORGE (1970, p. 27) «ce qui s'impose, c'est de doubler l'observation aérienne par des cheminements au sol, permettant d'éliminer les doutes ou les ambiguïtés... et de traduire certaines images en termes de contenu représenté, en confrontant des échelles différentes d'appréhension des faits».

On pourrait donc dire en manière de paradoxe, que **le travail essentiel de la photo-interprétation, c'est la vérification sur le terrain.** C'est à notre avis dans le «dialogue» photographie-terrain que réside l'intérêt méthodologique essentiel de l'utilisation des photographies aériennes. Ce qui paraît un truisme pour les

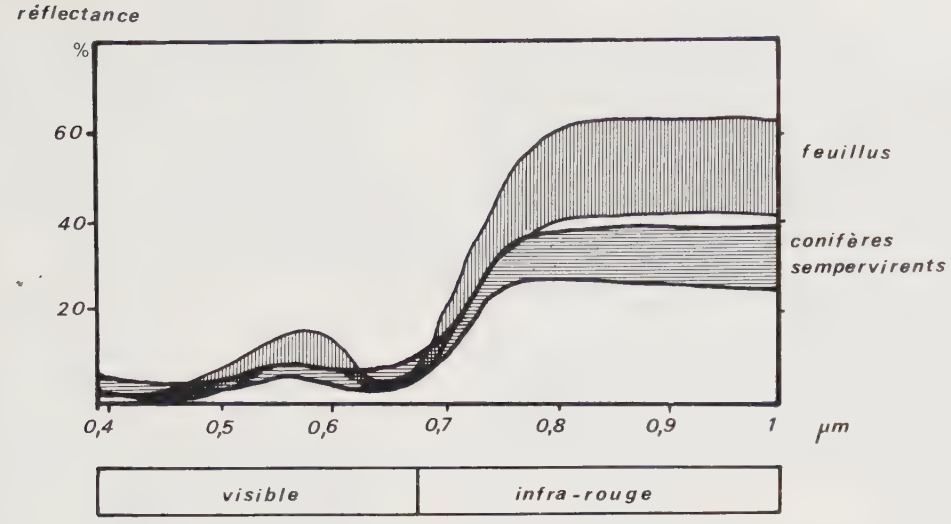


Figure 97 :
Réflectances des arbres dans le visible et l'infrarouge.

photographies panchromatiques est encore plus nécessaire dans l'infrarouge, puisque la réalité représentée n'étant pas directement accessible à l'observation, les risques de «photo-imagination» sont accrus d'autant.

III - INTÉRÊTS ET LIMITES DE L'ANALYSE DES CLICHÉS SENSIBLES A L'INFRAROUGE

1) Nature physique des photographies dans l'infrarouge proche.

Au-delà du spectre visible, (0,4 à 0,7 micromètre), domaine de l'émulsion panchromatique, des émulsions photographiques spéciales sont susceptibles d'enregistrer les phénomènes réfléchissant des radiations dont la longueur d'onde est comprise entre 0,7 et 1 micromètre *(figure 96)*. Cette émulsion est peu sensible dans la partie moyenne du spectre visible (vert). Sur les photographies aériennes courantes de l'Institut Géographique National, la partie basse du spectre est filtrée par un filtre jaune, qui a pour but d'absorber la diffusion atmosphérique, dominante dans le violet et le bleu ; ne sont enregistrées que les longueurs d'onde comprises entre 0,57 et 1 micromètre environ. On réalise alors une photographie différente de celle obtenue sur émulsion panchromatique, à la fois en raison de la sensiblité moindre dans la partie commune du spectre (orangé et rouge) et de la sensiblité dans l'infrarouge. Ces deux types d'émulsions sont utilisées conjointement en photographie aérienne classique.

2) Intérêt de ces photographies.

Au cours des recherches, beaucoup d'études et d'ouvrages ont paru, concernant la photo-interprétation, et l'intérêt des images infrarouge. En France, les réflexions méthodologiques de l'équipe strasbourgeoise (J. TRICART, S. RIMBERT, P. LUTZ, 1970) appliquées à des milieux différents, ont montré que les phénomènes de géomorphologie dynamique sont parmi les premiers à apparaître lors de l'analyse, et ont vigoureusement placé la photo-interprétation aux étapes essentielles du processus de recherche : préparation du parcours, levé sur le terrain, établissement de la maquette. Cette méthode a été suivie ici.

Avec la généralisation des travaux de photo-interprétation pour l'inventaire des Ressources Naturelles, de nombreuses publications ont porté sur l'utilisation des images infrarouge. Nombre d'études, soviétiques en particulier (I.V. ZAJCEV, L.A. MUKHINA, 1966) sur la réflexion spectrale des objets connus à la surface du globe ont montré que la plupart possédaient un maximum de réflectance aux environs de 0,8 micromètre, c'est-à-dire dans un domaine de très forte sensibilité des émulsions infrarouge. Les arbres voient leur réflectance augmenter brutalement vers 0,7 micromètre, plus pour les feuillus que pour les conifères *(Figure 97)* que l'on peut alors aisément cartographier ; c'est d'ailleurs dans ce but que l'Inventaire Forestier National avait fait effectuer la mission photographique que nous avons principalement utilisée. La floraison des études américaines à partir des photographies infrarouge a vraisemblablement contribué au choix des canaux d'enregistrement des satellites Landsat par exemple.

Un inventaire bibliographique sortirait du cadre de cet ouvrage ; on peut toutefois noter que l'utilisation de ces clichés dans le domaine scientifique date des années 1960 - 1965 (J.L. CANTRELL, 1964). La décennie suivante est celle de la généralisation des photographies infrarouge couleurs, dites aussi fausses-couleurs ; à l'enthousiasme des premières publications a fait suite une vue plus sereine des réalités. En 1970, G.T. HUNTER et S.J. GLENN BIRD envisagent 27 catégories (qualité de l'image, scènes identifiables) notées de 1 à 3 selon la facilité décroissante de l'identification : 36 points sont attribués à l'infrarouge couleurs, 54 aux clichés en couleurs, 69 aux clichés panchromatiques. Mais les difficultés d'interprétation de telles images, à grande échelle en particulier (J. TRICART, R. HUSSON, 1972), l'absence de «mémoire» de la plupart des utilisateurs, la diversité des phénomènes s'exprimant par une même teinte, ont conduit à retenir les images en fausses couleurs surtout pour l'étude de la végétation (J.S. SEHER et P.T. TUELLER, 1973 ; R.J. REIMOLD, J.L. GALLAGHER, D.E. THOMPSON, 1973).

Dans les prises de vues courantes, les influences du tapis végétal et de l'humidité peuvent se combiner de façon très complexe : M. BAUSSART (1958) a signalé que si les prairies humides du Pays de Bray apparaissent moins

sombres que les prairies moins humides du plateau picard, c'est en raison du caractère plus précoce de la végétation sur le plateau. Aussi l'interprétation des photographies infrarouge doit-elle plus encore que celles des données panchromatiques, tenir compte des données phénologiques et hydrologiques lors de la prise de vues. Il est cependant possible d'inférer la géomorphologie d'après la couverture végétale, dans les milieux humides subtropicaux (K. PAIJMANS, 1970 ; D. CONWAY et R.K. HOLZ, 1973). Ces derniers s'intéressent à la géomorphologie d'une plaine alluviale, et soulignent que l'interprétation des photographies dans le proche infrarouge ne peut se faire qu'à travers la végétation («through the medium of vegetation») : mais J.Y. DESDOIGTS (1970) a été conduit à des conclusions très mesurées concernant l'intérêt des images fausses couleurs en géomorphologie des marais maritimes ; D.J. ORR et J.R. QUICK (1971) ont souligné, par ailleurs, les possibilités qu'elles présentent pour le repérage des matériaux de construction dans les régions deltaïques.

N'ayant pu disposer de tels enregistrements sur les Marais Charentais, nous avons utilisé l'infrarouge noir et blanc. Un examen rapide d'une mission infrarouge couleurs, effectuée sur la mer et un étroit liseré côtier n'a pas paru apporter une quantité notable d'informations supplémentaires pour notre propos : l'étendue de la sensibilité spectrale étant la même en noir et blanc ou en couleurs, la supériorité de l'image couleurs pourrait provenir des limites de teintes sur les photographies ; ces nuances ne correspondent que rarement de façon biunivoque à des phénomènes repérables au sol, en particulier dans les teintes correspondant à l'infrarouge (cyan). Or, c'est justement dans cette partie du spectre que des phénomènes hydrologiques linéaires intéressant les marais maritimes pourraient être individualisés ; J. TRICART et R. HUSSON (1972) notent à ce propos : «c'est en infrarouge noir et blanc qu'apparaissent les convergences les plus fortes... de très nombreux détails, visibles aussi bien sur fausses couleurs que sur la photographie couleur et même sur panchromatique, disparaissent sur l'infrarouge noir et blanc... ce type de cliché est utile pour tracer des limites, non pour étudier les surfaces. C'est, en effet, sur l'infrarouge noir et blanc que les limites sont les plus précises et les plus sûres» (p. 403). Tracer des limites précises est donc possible (carte des anciens chenaux de marée par exemple), mais la signification des plages de densités différentes ne pourrait être déterminée à partir des clichés noir et blanc. Ici, il semble décisif d'envisager les caractéristiques climatologiques et phénologiques de la saison de prises de vues.

IV - LES COUVERTURES UTILISÉES

Lors de la mission occasionnelle commanditée par l'Inventaire Forestier National, une couverture aérienne panchromatique et infrarouge a été réalisée sur les marais charentais en 1964 à l'échelle du 1/15 000. Cette grande échelle a été préférée en raison du caractère modeste des formes du relief des marais maritimes, mais aussi de l'existence d'une mission infrarouge simultanée, car il est vite apparu que ce type de photographies était le plus adapté à l'étude des régions humides, en particulier pour la recherche des réseaux de chenaux (R. REGRAIN, 1971, b). Il a été fait appel à d'autres missions, soit pour retracer l'évolution du littoral, comme à la Coubre (R.FACON, 1965, 1969 ; P. MASSON, 1973 ; C. BRESSOLIER, 1974), ou pour étudier l'évolution de l'utilisation du sol : missions de 1974, 1957 et 1939 en particulier.

La mission de 1964, référencée IGN-FR-760-150, a été effectuée du 15 mai au 17 mai 1964, les clichés couvrant les Marais Charentais le 15 après-midi et le 16 au matin. Les conditions climatiques de l'année hydrologique 1963-1964 peuvent être qualifiées de moyennes, bien que légèrement déficitaires : 650,6 mm pour 684 mm de moyenne sur 172 ans (C. BOISRAME, R. SEIGNEURIN, 1969), alors que le printemps 1964 fait figure de printemps très arrosé en raison des fortes précipitations du mois de mai, le total de 84,8 mm n'ayant été dépassé que 4 fois entre 1951 et 1975*(tableau 22)*.

	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	At	S	Année
1781 - 1960	82	83	76	61	51	47	44	48	44	41	42	65	684
1963 - 1964	74,9	165,5	32,6	10,1	70,6	58,2	47,4	84,8	46,4	11,1	13,9	35,1	650,4

Tableau 22 :
Moyennes mensuelles des précipitations à La Rochelle

Pour S. CONWAY et R.K. HOLZ (1973) les éléments du complexe géographique nécessaires à l'interprétation sont dominés par les agents climatiques, et comprennent la localisation du site étudié, la nature de la végétation, la lithologie, le degré d'interférence action humaine/végétation ; dans les marais maritimes, il semble nécessaire d'ajouter les phénomènes hydrologiques. Ce «système» peut alors recevoir une expression graphique *(figure 98)*. Dans le cas de la couverture étudiée, les conditions climatiques du printemps ont entraîné un certain retard de la végétation et les conditions climatiques des jours d'enregistrement (situation anticyclonique) sont à l'origine d'une assez forte évaporation. On note toutefois que l'absence d'enregistrements de la réalité de terrain au moment même de la prise de vues, amène à ne considérer que les éléments permanents du paysage (lithologie, géomorphologie) ou enregistrés par les stations météorologiques, à défaut des événements conjoncturels (légère brise, rafraîchissement matinal des températures, etc...) qui ont pu intervenir dans l'aspect du paysage enregistré par l'infrarouge. On est donc inévitablement contraint à une certaine schématisation. En considérant le marais maritime comme un milieu relativement homogène, bénéficiant d'une unité de conditions climatiques, où les conditions géopédologiques sont assez peu variées tant que le relief n'intervient pas, et dans les zones situées à l'écart des bordures et des îles, les conditions hydrologiques restent l'élément essentiel gouvernant la phénologie d'un tapis végétal par ailleurs monotone.

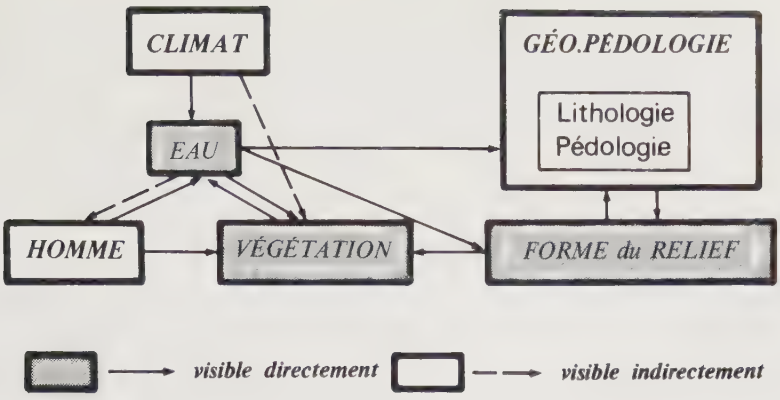


Figure 98
Pertinence des photographies sensibles à l'infrarouge pour différents facteurs et agents des marais littoraux

Les limites tracées sur les photographies infrarouge enserrent des zones «hydrologiques et pédologiques » homogènes, dans la mesure où la végétation peut être identifiée par d'autres moyens (photographies panchromatiques, vérifications sur le terrain). Le «contrôle» hydrologique apparaît donc comme le facteur limitant essentiel du paysage, à l'échelle d'une étude détaillée : or justement, l'eau est facile à détecter dans l'infrarouge noir et blanc.

Les interférences de l'humidité avec la végétation peuvent aboutir à deux «signatures» opposées : noir si l'humidité est très forte, blanc si la végétation est très active. En mai 1964, l'époque d'activité essentielle de la végétation herbacée était passée, sauf dans les zones trop humides, où ce stade phénologique est retardé par l'hydromorphie du sol et surtout l'asphyxie des racines : les diverses teintes de gris foncé semblent donc pouvoir s'expliquer selon le schéma de la *figure 99*.

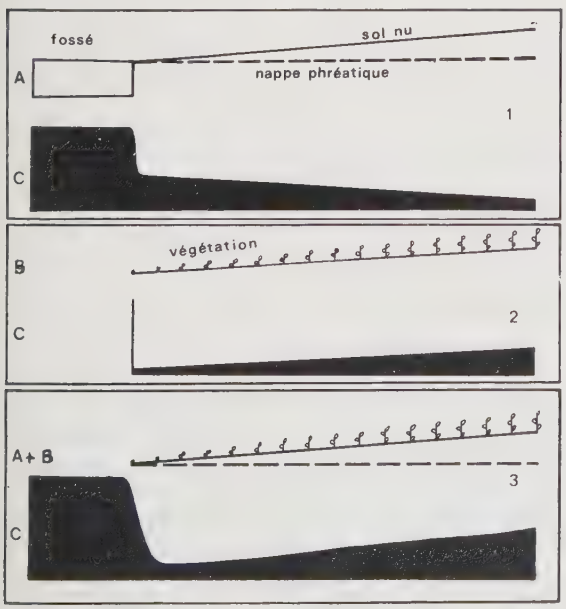


Figure 99 :
Convergence de phénomènes hydrologie (A), végétation (B), dans les différences de densité de gris (C)

V - MÉTHODOLOGIE D'ANALYSE UTILISÉE POUR LES CLICHÉS INFRAROUGE DES MARAIS CHARENTAIS

Les méthodologies de l'analyse des clichés aériens ont été établies pour les photographies panchromatiques (R. CHEVALLIER, 1971 ; Am. Soc. Phot., 1976). La conformité satisfaisante de la courbe de sensibilité de l'œil et de celle de l'émulsion panchromatique est sans doute à l'origine de la méthode d'analyse par reconnaissances d'objets, généralement utilisée : sur un cliché, on décrit et on localise des objets, c'est-à-dire que l'on associe une signification à chaque signe perceptible. Cette démarche «sémantique» est satisfaisante lorsqu'on peut établir des catalogues de signatures, des clés d'interprétation, comme P. REY (1957b) l'a fait dans le domaine biogéographique. Le terme de **signature** suppose, en effet, qu'un objet ne présente qu'une apparence sur le cliché, laquelle permet son identification : une correspondance bi-univoque s'établit entre l'objet et sa représentation photographique.

Comme nous venons de le voir, cette correspondance n'existe pas systématiquement pour les clichés infrarouge, tant noir et blanc que réalisés en fausses couleurs. La nécessité de connaître toute une série de paramètres au sol au moment de la prise de vues pour identifier correctement les objets enregistrés, bien mise en évidence par J. TRICART (J. TRICART et R. HUSSON, 1972) ainsi que par les diverses opérations de télédétection (M. GUY, 1969 ; S. PAUL, 1973, R. REGRAIN, F. VERGER, 1976), s'oppose à la définition précise de signatures pour certains objets, en particulier ceux des marais littoraux où interfèrent l'humidité et l'activité phénologique. Il semble donc préférable d'explorer non pas la voie sémantique, celle qui identifie les objets, mais la voie sémiologique, celle qui identifie les structures des signaux (J. BERTIN, 1967).

Sous ce rapport, on peut opposer les signaux linéaires et les signaux aréolaires, l'observation stéréoscopique permettant d'introduire, si nécessaire les volumes, d'ailleurs assez modestes dans les marais maritimes. Le schéma de la *figure 100* montre un essai de comparaison systématique d'une tache sur image infrarouge et d'une parcelle d'exploitation au sol, établi en utilisant la classification de structures et de textures publiée par Ch. CAZABAT, 1969, p. 34-35 *(figure 101)*. L'utilisation de ces notions géométriques permet de distinguer les structures rectilinéaires parallèles, rectangulaires ou réticulées correspondant systématiquement aux limites de

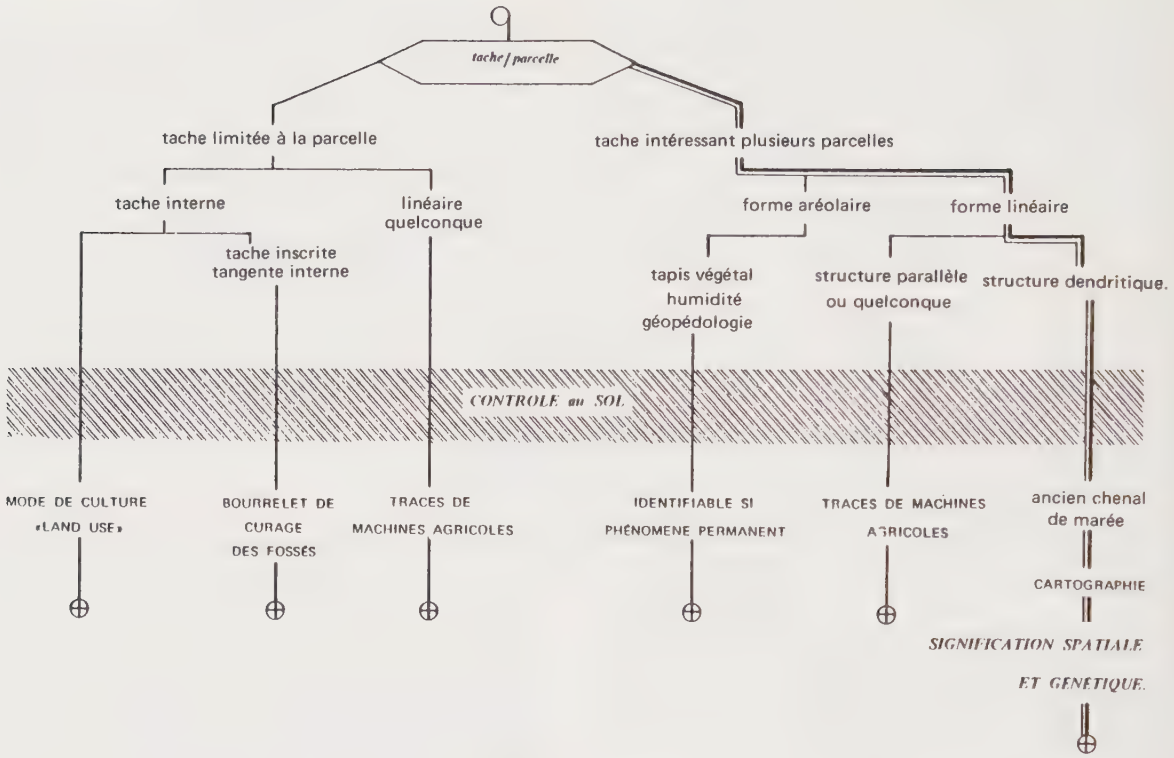


Figure 100
Ordinogramme schématique pour l'analyse sémiologique des clichés infrarouge dans les marais maritimes (à 1/15 000)

parcelles souvent renforcées par des levées de curage, les structures linéaires de type dendritique, entéromorphe ou évanescent, dans lesquelles on peut voir les traces d'anciens chenaux de marée (R. REGRAIN, 1971, c) et des faits de texture fréquemment de type polygonal ou courbe, parfois de type grenu grossier, toujours aréolaires associés à des anomalies du tapis végétal trahissant des phénomènes d'ordre hydrologique ou pédologique. Les taches à peu près homogènes qui forment le «grain» de la texture ont rarement une signification univoque ; ce caractère est intéressant sur le plan méthodologique car il oblige au contrôle sur le terrain, cliché en mains. *(figure 100).*

Le contrôle a postériori ne permet d'atteindre que les éléments permanents du paysage et non certains événements phénologiques précis enregistrés : le stade de développement d'une formation végétale au 15 mai 1964 sera difficilement reconstitué, mais la présence d'une nappe aquifère très voisine de la surface, élément permanent du paysage de marais pourra être identifiée.

Ainsi, l'analyse structurale des signaux laissés sur le sol permet-elle d'identifier toute une série de phénomènes dont les uns sont saisonniers et les autres pérennes. Cette dernière catégorie rassemble les faits d'aménagement humain, généralement rectilignes, et les faits d'ordre naturel, au tracé plus fréquemment courbe.

Le schéma *(figure 100)* est établi pour un certain niveau taxonomique, correspondant à des parcelles dont la surface ne dépasse guère 3 à 4 ha. A ce niveau, les anomalies aréolaires en forme de marbrures aux limites souvent floues, correspondent à des variations du tapis végétal, lequel est susceptible d'intégrer les autres paramètres du milieu naturel (G. LONG, 1974) ; la disposition parfois linéaire de ces marbrures peut être attribuée aux terminaisons «amont» des chenaux de marée, peu incisées dans le schorre originel et très vite colmatées dans le marais, par les façons culturales par exemple. Par contre les traînées noirâtres, très étroites et allongées, parfois élargies vers «l'aval», plus ou moins sinueuses, traversant digues, fossés et bourrelets, dont la disposition d'ensemble rappelle un réseau hydrographique correspondent à d'anciens chenaux de marée autrefois fonctionnels, isolés de la mer lors de l'endiguement. Ces chenaux constituent une forme de relief des marais maritimes dont F. VERGER (1971) et J.Y. DESDOIGTS (1973) ont donné des photographies spectaculaires.

Le repérage de ces chenaux, profonds de 1 m à 10 cm environ, est possible sur les clichés panchromatiques, mais se trouve facilité sur les clichés infrarouge (R. REGRAIN, 1971, b) ; dans certains cas, on distingue un chenal très étroit en eau, encaissé dans un chenal plus large ; pour les chenaux secondaires, on ne peut identifier que des segments sur le cliché panchromatique, alors que l'infrarouge est indispensable pour reconstituer le tracé originel du chenal.

En effet, les chenaux de marée constituent l'un des éléments essentiels des wadden (L.M.J.U. VAN STRAATEN, 1951 ; F. VERGER, 1968, p. 250-262) ainsi que des marais qui leur succèdent (F. VERGER, 1971, p. 168 ; R. REGRAIN, 1971 c, p. 126 ; R. EVANS, 1972, pp. 302-322). Leur caractère linéaire facilite leur identification sur les clichés infrarouge où ils se signalent par une plus grande humidité - particulièrement lors des printemps pluvieux comme en 1964 -. Etablies suivant cette méthode, les cartes des anciens chenaux de marée des Marais Charentais devraient permettre une première approche de la genèse spatiale des marais, si les hypothèses de F. VERGER (1968, p. 297-302) se révèlent applicables.

L'existence fortuite d'une couverture infrarouge à 1/15 000 a donc permis une analyse à grande échelle des formes et des structures des marais maritimes ; les conditions climatologiques du printemps 1964 ont facilité l'interprétation de ces clichés ; de toutes façons, la vérification sur le terrain des hypothèses formulées lors de la rédaction des calques d'interprétation a permis non seulement l'établissement de différentes cartes analytiques, mais aussi des levés particuliers, intéressant d'autres thèmes d'étude. Les vérifications sur le terrain représentent la phase essentielle de la photo-interprétation.

Le travail a donc porté sur la couverture en infrarouge, complétée par l'étude de la couverture panchromatique et vérifiée sur le terrain. Ce choix délibéré repose sur plusieurs faits. D'abord, les photographies dans l'infrarouge, très sensibles à l'humidité, devraient permettre une approche rapide des phénomènes d'hydromorphie superficielle du sol, particulièrement dans les marais littoraux ; la sensibilité au développement de la végétation rendait une mission effectuée au printemps particulièrement précieuse ; ensuite l'échelle assez grande, 1/15 000 environ, correspondait tout à fait à l'orientation vers une étude détaillée. Enfin, les photo-interprétateurs, bénéficiant d'une immense «mémoire» des phénomènes enregistrés sur le panchromatique, considéraient en majorité cette «nouvelle» émulsion comme un complément (J.L. CANTRELL, 1964 ; C. CAZABAT, 1969 ; H. GAGNON, 1974) ; n'ayant qu'une modeste «mémoire panchromatique», nous avons pu aborder cette question avec un esprit différent.

On pourrait ajouter que le caractère global et intégrateur de la photographie aérienne, et le fait que la photo-interprétation infrarouge dans un marais littoral couvert de végétation, ne pouvait guère être qu'une interprétation indirecte (M. DUPUIS, 1962), puisque la végétation, l'eau, la géopédologie réalisent une multitude de combinaisons spatiales où il s'agit de reconnaître le facteur dominant, lui donnait un attrait supplémentaire.

B - ÉTUDE RÉGIONALE

L'échelle des photographies aériennes utilisées permet une étude détaillée des structures linéaires arborescentes (figure 104) assimilées à d'anciens chenaux de marée. Mais les reconstitutions des réseaux de chenaux ne présentent pas tout à fait la même organisation d'ensemble, le même développement dans chacun de ces marais, comme le montre l'étude spéciale de chacun des marais ; enfin, on s'efforcera d'apprécier la signification géographique de ces réseaux de chenaux, en mettant en lumière la part respective des formes d'aménagement et des conditions plus strictement «naturelles».

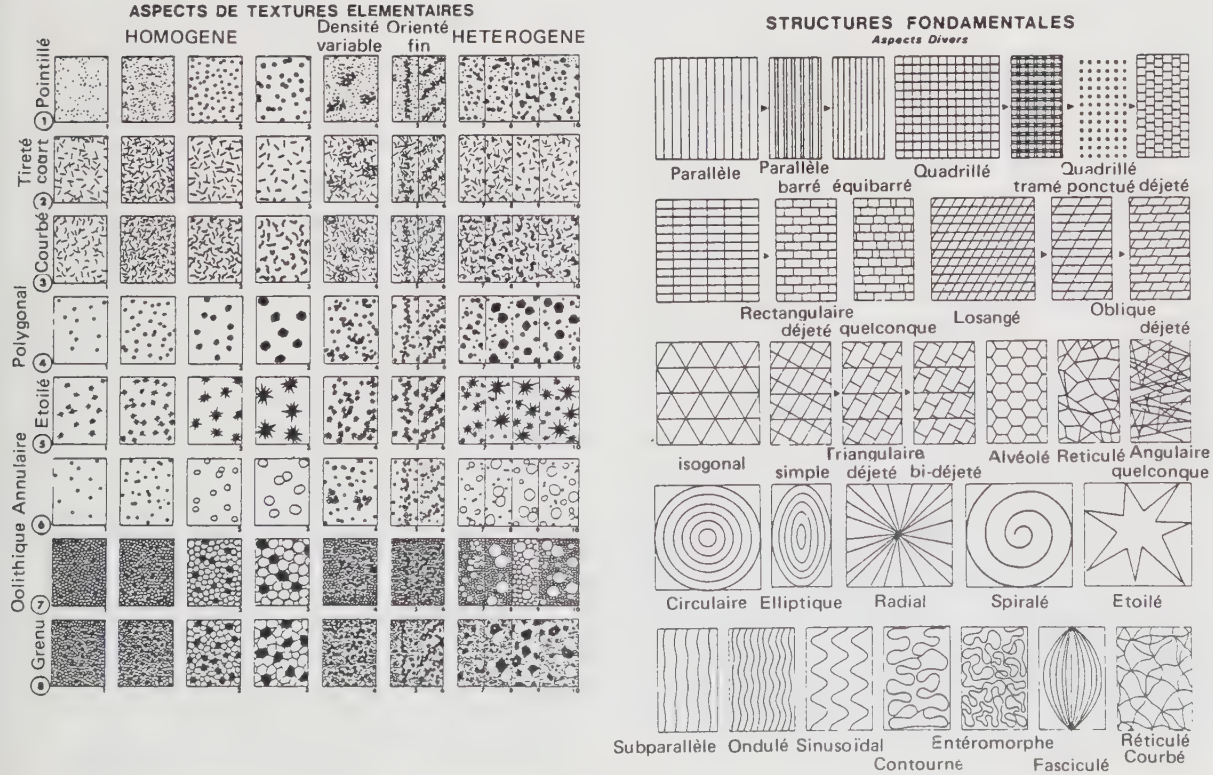


Figure 101
Textures et structures en analyse d'images,
Extrait de C. CAZABAT, 1969, p. 33-35.

Figure 102 :

Cliché infrarouge, négatif, de la Pointe Sans Fin, à Saint Nazaire sur Charente. C I.G.N.

On notera la netteté du tracé des anciens chenaux de marée, et la simplification de la marqueterie de la végétation
(Cliché IGN, FR. 760/150-IR no 787)

Figure 103

Structures parallèles des bassins de marais gâts, au sud de Malaigre (Marais de Brouage)

A : «Ile» de Malaigre, commune de Saint Jean d'Angle
B Chenal de Brouage
C Chenal de Malentrait
(Cliché IGN, FR. 760-150-IR no 1108)

I - LES CHENAUX DU MARAIS DE BROUAGE

Parmi les marais du littoral du Centre Ouest, le marais de Brouage se distingue par son passé de marais salant et par un relief en grande partie dû à l'homme : «la topographie résulte tantôt d'un déblai, tantôt d'un remblai ; elle est partout anthropique» (F. VERGER, 1968, p. 346). Cet ensemble d'anciens marais salants, aujourd'hui abandonnés, («marais gâts») ne comporte à première vue que peu de traits communs avec les marais littoraux voisins, et le dépaysement est grand, de part et d'autre de la Charente : au Nord, les marais de Rochefort, prises entourées de digues et de marais mouillés pour l'essentiel ; au Sud, le bassin de Brouage, creusé de «jas» séparés par les «bossis».

Le marais de Brouage conserve cependant des traces manifestes de son passé de schorre, que des siècles d'aménagement humain n'ont guère oblitéré. Sur un schorre, le réseau hydrographique, par sa densité et son dessin, est un des traits marquants du paysage. Sa persistance, après la «prise» du schorre est un fait fondamental de la géomorphologie des marais, quand bien même les aménagements successifs tentent de s'en affranchir : A. BRIQUET (1930) a noté que les chenaux se colmatent de part et d'autre de la digue qui les interrompt. En l'occurrence, ces chenaux ont d'autant plus de chances de persister qu'ils sont plus profonds et qu'ils peuvent être utilisés pour la mise en valeur du marais.

Alors que l'étude du sol est rendue malaisée par des difficultés d'accès, l'utilisation des photographies aériennes infrarouge permet l'établissement d'une carte des chenaux du schorre encore visibles, carte qu'il est alors aisé de vérifier sur le terrain. Cette carte fait apparaître des types de réseaux nettement individualisés, dont la genèse est à rechercher dans le domaine de la dynamique marine comme celui de l'histoire.

L'histoire du colmatage du marais de Brouage avant l'installation des marais salants est assez mal connue ; les documents historiques, assez rares, ne nous renseignent qu'épisodiquement et sont, pour la plupart, postérieurs au XIème siècle. Vers le XVème siècle, époque de l'apogée des marais salants, aucun document cartographique ne permet de se faire une idée suffisamment précise du réseau de chenaux, ni de leur importance dans le paysage. Les cartes de MASSE qui datent des XVIIème et XVIIIème siècles, pourtant admirables à tous points de vue, indiquent jas et vasières de façon schématique, bien que l'orientation générale en soit respectée ; elles permettent cependant de situer les chenaux principaux.

L'Intendant de La Rochelle, avant la Révolution, G. de REVERSEAUX, et LE TERME, Sous-Préfet de Marennes sous la Restauration, firent établir tout un ensemble de canaux et de fossés, rectilignes dans les marais gâts, reprenant parfois des tronçons de chenaux naturels ; ce réseau s'appuie sur deux grands axes : le canal de Brouage, de Broue à la mer, lequel passe en siphon, à Bellevue, sous le canal de la Seudre à la Charente. Ainsi, le marais pouvait-il à la fois être irrigué en été, et drainé en hiver. Le «Règlement» de LE TERME définit avec précision les charges des syndicats de marais et des particuliers pour l'entretien de ces différents axes d'écoulement des eaux.

Les clichés panchromatiques, mais surtout les clichés infrarouge, en raison de leur remarquable sensibilité à la présence de l'eau libre, toujours traduite par un noir intense, permettent d'isoler les surfaces en eau. Dans les marais maritimes, aménagés par l'homme, ces surfaces se disposent suivant des structures de type linéaire qui appartiennent à deux types, rectilinéaire ou non. Les structures rectilignes recouvrent les rigoles de drainage internes aux parcelles, les fonds de marais gâts, le réseau des fossés qui limitent les parcelles, et les canaux d'irrigation et de drainage établis ou rénovés au XIXème siècle. Les structures non rectilignes s'ordonnent en réseaux arborescents entéromorphes, présentant quelques secteurs évanescents (C. CAZABAT, 1969, p. 35) qui permettent d'identifier des réseaux hydrographiques plus ou moins bien conservés, soit en raison du colmatage naturel, soit par l'action humaine. *(figure 104).*

A côté de ces structures linéaires, des structures aréolaires permettent d'isoler des zones à structure parallèle et des zones sans structure géométrique particulière. Ces dernières correspondent à des marais plats à l'intérieur desquels on identifie des faits de texture souvent polygonale, mosaïque due à la végétation ou à l'hydromorphie des sols *(figure 102),* alors que les structures parallèles trahissent les anciens marais salants *(figure 103).*

1) Les chenaux vifs (figure 105, p. 170)

Les photographies aériennes permettent d'observer ce triple réseau de fossés limitant les parcelles, de canaux principaux, et de chenaux de schorre, que nous appellerons «chenaux vifs» s'ils sont inclus dans le réseau actuel d'écoulement des eaux et «chenaux morts» dans le cas contraire.

Les «chenaux vifs» correspondent aux axes principaux du drainage du schorre, comme de l'alimentation des marais salants. Ils présentent un «amont» (côté continental) généralement très contourné, avec méandres bien développés, presque circulaires dans la région de Saint-Agnant, plus étroits à proximité de Saint-Fort, à grand rayon de courbure pour le chenal dit «Havre de Brouage» ; en «aval» (côté maritime ou vers le chenal principal) ils ont tendance à être plus rectilignes, particulièrement sur une centaine de mètres au moins avant de confluer. Leur angle de confluence avec le Havre de Brouage, axe principal, est très proche de 90° ; il est difficile de dire si cet angle est un fait naturel ou anthropique, par suite du colmatage important qu'ont subi les berges du Havre.

Les «chenaux vifs» les plus importants séparent les communes actuelles, comme autrefois les paroisses. Dans les Marais Charentais, ce caractère permet d'opposer les marais de Brouage et de la Seudre d'une part aux marais de Rochefort où les limites communales ne s'appuient pas sur le réseau des chenaux naturels mais sur des canaux rectilignes qui sont évidemment œuvre humaine *(figure 77,* p. 128).

Ce rôle de «frontière» entre les communautés est encore sensible de nos jours : rares sont les ponts qui franchissent ces chenaux principaux, même lorsque leur largeur résiduelle ne dépasse guère 2 à 3 m.

Les chenaux vifs sont inclus dans le réseau des canaux et fossés et, pour leurs parties les moins sinueuses, la confusion risque de s'établir entre chenaux naturels et artères anthropiques. Un trait caractéristique de ces chenaux est alors à considérer : ils séparent toujours deux exploitations salicoles, ou aboutissent à l'une d'entre elles pour celles qui sont situées le plus en amont.

2) Les «chenaux morts»

Les «chenaux morts» n'ont, à l'inverse des «chenaux vifs», pas été conservés dans le réseau hydrographique actuel du marais de Brouage. Leur identification est beaucoup plus difficile que celle des «chenaux vifs», car leur caractère essentiel est la discontinuité ; ils forment des réseaux «évanescents». Ils peuvent avoir été repris par un fossé sur quelques mètres seulement et celui-ci présente alors un tracé sinueux inhabituel. Ils peuvent serpenter dans une parcelle, parfois s'organiser en réseau dendritique, définir un réseau anastomosé ou simuler des diffluences : on a affaire, avec les «chenaux morts», aux artères les plus modestes du réseau hydrographique du schorre ; leur tracé peut quelquefois évoquer l'aspect d'une dentelle, leurs parties «amont» se rejoignant ou non. Par suite du phénomène de colmatage de part et d'autre d'un obstacle (digue...) le raccordement avec les axes de taille supérieure est malaisé, c'est pourquoi la carte ne suggère de continuités, masquées par les aménagements postérieurs, que pour les chenaux morts principaux. Les chenaux morts apparaissent particulièrement bien sur les clichés infrarouge *(figure 103)* dans les marais gâts ; toutefois, on a toujours vérifié sur les clichés panchromatiques les tracés obtenus à partir de l'infrarouge (R. REGRAIN, 1971 b, p. 31).

Alors que les «chenaux vifs» séparent les communes et les exploitations salicoles, les «chenaux morts» existent dans trois types de paysages : les espaces où les aménagements de salines ne sont pas repérables à l'intérieur des espaces salicoles, les atterrissements postérieurs à l'apogée des marais salants (XVème-XVIIème), les espaces salicoles enfin.

Lorsqu'aucune trace de bossis et de bassins déterminant des structures parallèles n'est visible sur les photographies aériennes comme sur le terrain, deux causes peuvent être envisagées. Tout d'abord, ceux-ci ont pu être nivelés ou oblitérés par suite de l'épandage des boues extraites lors du creusement des canaux principaux, au début du XIXème siècle. Les textes n'indiquent pas ces lieux de décharge, mais la présence à Saint-Agnant, au débouché du canal de la Seudre à la Charente, d'un triangle bien nivelé, légitime cette hypothèse, cette forme étant limitée au Nord-Ouest par ce canal ; à l'autre extrémité de ce canal près de «l'île» d'Erablais, la «Prise de l'Epée» et les «Platins de la Torse» présentent une surface horizontale au milieu des marais gâts. Cette vaste étendue ne présente pas de chenaux, mais au Nord-Ouest, dans l'alignement d'un «affluent» du chenal de l'Epine, une dépression allongée que l'on soupçonne sur les photographies panchromatiques et qui apparaît avec une singulière netteté sur un cliché à l'infrarouge. Il s'agit d'un chenal assez large et peu profond, semblable à celui que l'on observe au Sud de l'«île» de Malaigre.

La «carte du Havre et des marais salants de Brouage» par Claude MASSE montre un espace vierge de marais salants correspondant aux «Platins de la Torse» : cet espace existait donc alors dans la forme générale où on le connaît actuellement. C. MASSE y a indiqué 3 chenaux parallèles et orientés du Sud vers le Nord, alors que le chenal observé au nord sur les photographies est orienté Est-Ouest. Comme une erreur aussi grossière paraît peu compatible avec la confiance qui, depuis C. PASSERAT (1910), est accordée aux cartes de C. MASSE, on peut supposer que ce chenal nord a été omis ou confondu avec un «jas», comme la plupart des chenaux secondaires sur cette carte. Les chenaux que C. MASSE dessine ont pu exister au début du XVIIIè, leur absence sur les photographies actuelles pourrait être due à des épandages de boues issues du curage du Canal de la Seudre à la Charente *(Figure 106)*.

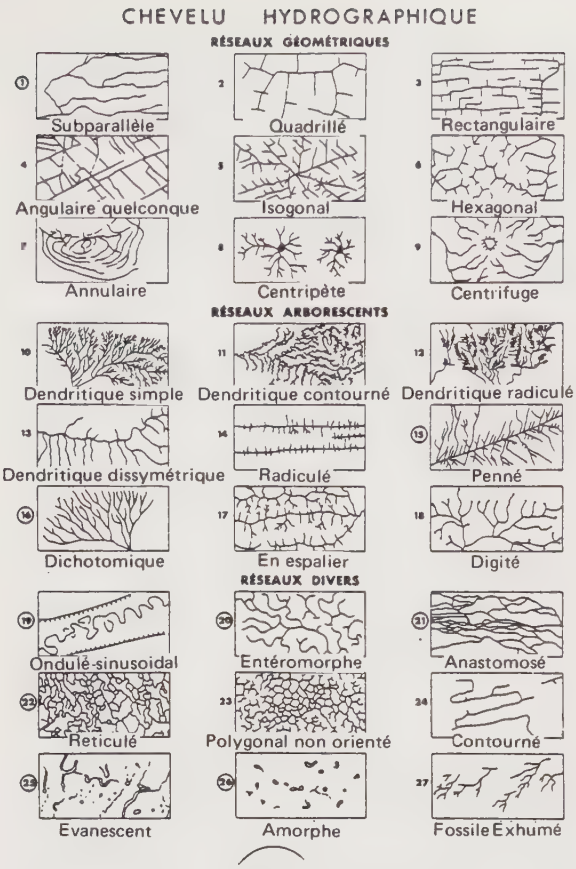


Figure 104
Types de réseaux hydrographiques,
Extrait de C. CAZABAT, 1969, p. 34
(On a entouré les réseaux existant dans les Marais Charentais)

Dans cette zone, le chenal principal seul peut être repéré. Il en est de même là où des marais salants ont été arasés. L. PAPY (1941) en cite dans le marais de Rochefort, et nous avons pu en observer près de Lupin : les dénivelées y sont infimes, mais les chenaux «morts» sont invisibles : leurs faibles dimensions ne leur permettent pas d'apparaître sur les photographies non seulement en raison de leur comblement, mais aussi en raison du nivellement du sol qui a pu éroder complètement leur tracé.

Les «chenaux morts» sont aussi conservés dans les secteurs à texture polygonale, qui correspondent à des parties du marais non utilisées comme marais salants, les marais plats. Dans les parcelles en herbages ras, ils se signalent par la mince nappe d'eau qui y séjourne ; dans les prés moins entretenus, des guimauves frangent les bordures alors que les roseaux s'y développent. Ils se marquent dans les parcelles cultivées et non nivelées par des irrégularités de croissance de la végétation. Qu'il s'agisse de zones d'épandage ou de marais plats, les espaces où s'observent ces «chenaux morts» sont imbriqués dans les exploitations salicoles.

Mais des chenaux morts sont aussi visibles dans des parties du marais situées hors des marais salants. C'est le cas des atterrissements de la rive gauche du Havre de Brouage, en avant de la dernière digue limitant les marais salants, les sartières. L'aspect de ces chenaux est très différent de ceux que nous avons pu observer jusqu'ici.

Il s'agit d'affluents parallèles entre eux et perpendiculaires au Havre dans l'ensemble, cette direction comportant de nombreuses sinuosités très resserrées ; de très petit calibre, ces chenaux ne dépassent pas 300 m de longueur et leur sens d'écoulement (vers le Havre) ne fait aucun doute, à l'inverse d'autres chenaux morts. Particulièrement nets entre Bellevue et Brouage, ces chenaux se retrouvent parfois plus en amont, sur des bandes de terrain encadrant les chenaux vifs principaux. Ces bandes peuvent être interprétées comme le résultat du colmatage progressif des chenaux depuis que leur rôle d'alimentation des exploitations salicoles a décliné, puis disparu. LE TERME (1826) évalue à «plus de 10 pieds (par an) si le reflux et les nombreux écours ne diminuaient un peu cette énorme accumulation» l'épaisseur du colmatage latéral dans les chenaux principaux, et voit «dans le dépôt des vases qui forme une élévation de quelques toises (sic) du lit actuel de l'ancien Havre» les déblais du curage général des canaux effectués en 1707. (La toise valant près de 2 m, il est certain que l'auteur exagère et l'importance du colmatage et le volume des déblais)

Enfin, des chenaux morts peuvent être observés dans les marais salants eux-mêmes, en particulier dans les jas : ce sont des traînées noirâtres, très caractéristiques des zones humides, traversant les diguettes et les bossis. Le phénomène est net sur clichés infrarouge, mais l'œil averti le reconnaît ensuite directement sur clichés panchromatiques. Cependant, cette catégorie de chenaux est l'exception. En effet, les jas et conches auraient été creusés «de trois pieds» (1 mètre) selon BEAUPIED-DUMESNIL (1765) c'est-à-dire au-dessous de la profondeur des chenaux secondaires envisagés ici, laquelle ne devait que rarement atteindre cette valeur. D'autre part, les travaux d'entretien du marais salant visaient à rendre plan et imperméable le fond des bassins, afin que l'eau salée ne s'infiltre pas ; la rareté de ces chenaux morts peut ainsi s'expliquer.

3) La carte des chenaux (figure 105, p. 170)

La carte ainsi obtenue présente un réseau hydrographique continu dans l'ensemble, admettant toutefois des zones d'incertitude en plusieurs secteurs. En effet, les réseaux de chenaux de marée sont généralement bien hiérarchisés lorsqu'ils sont fonctionnels, sur un schorre ; ils ont conservé cet aspect sur la carte, ce qui semble suggérer que les aménagements humains ne les ont guère perturbés. Par rapport aux réseaux fluviatiles, ce réseau de chenaux de marée se caractérise par son organisation spatiale en trois ensembles nettement individualisés et la fréquence des méandres surtout dans leur partie amont ; les interconnexions, fréquentes dans les plaines alluviales des marais à mangrove ou non des côtes américaines (R. EVANS, J. HEAD, M. DIRKZWAGER, 1976, p. 268), sont par contre assez mal réalisées ici.

La carte montre trois types de réseaux de part et d'autre du Havre de Brouage. D'abord, une zone périphérique, discontinue, fractionnée par d'anciennes îles et presqu'îles où le tracé présente de nombreux méandres, où les chenaux morts sont rares ; ensuite, de part et d'autre d'une bande centrale drainée par le Havre de Brouage, une zone intermédiaire, d'une largeur de 800 à 2 000 m au maximum, marquée par de grands chenaux isolés, peu sinueux, où subsistent quelques chenaux morts. Enfin, une bande centrale de «sartières» formée exclusivement de marais plats, où les chenaux morts sont exclusifs, en dehors des grands axes affluents du Havre de Brouage.

1 - La «bande» du Havre de Brouage, particulièrement nette entre la Cabane de Mondormi, (à la latitude de Saint-Jean-d'Angle) et la ville de Brouage, est un espace sans marais gâts, un ensemble de marais plats. Le chenal du Havre, qui y pénètre avec une orientation sensiblement sud-nord, venant de la Tour de Broue, après quatre sinuosités très peu accusées, et de moins en moins accusées en direction des écluses de Beaugeay finit par prendre une orientation est-ouest, devant Brouage.

Ce chenal du Havre reçoit les chenaux principaux du marais, «chenaux vifs» essentiellement, soit «à niveau» comme au Sud-Est de Bellevue, soit par l'intermédiaire d'une écluse dans la partie du Havre où remonte la marée, c'est-à-dire en aval des écluses de Beaugeay. Ces grands chenaux seront étudiés avec la «zone intermédiaire», où ils sont caractéristiques. Le trait naturel fondamental de ces marais du Havre est la présence de chenaux morts de faible développement individuel (300 m au maximum), très rares sur la rive droite où les marais sont très restreints, abondants au contraire au Sud, où ils présentent trois types de tracés : un tracé à méandres de quelques décamètres d'ampleur au maximum, bien développé près de Bellevue (partie moyenne), un tracé rectiligne net près de la Cabane de Mondormi (côté continental), un type intermédiaire admettant des parties rectilignes et des parties à méandres plus proches du Havre en aval. Le «chenal vif» de la Craie présente un tracé semblable aux chenaux du troisième type près de son confluent.

D'autre part, ces chenaux, pour l'essentiel subparallèles, n'admettent pas d'affluents, sauf en trois cas. Leur profondeur actuellement mesurable est de vingt à trente centimètres, leur largeur de quelques mètres, et aucun bourrelet n'est visible de façon continue, au sol. Leur angle droit de confluence permet de les rapprocher des courts affluents des chenaux de la haute slikke, visibles actuellement au débouché du chenal de Mérignac, de la Seudre, ou dans l'anse de l'Aiguillon *(figure 107)* où ils ont été décrits récemment : «il s'agit d'une nouvelle génération d'affluents propres à la topographie des hautes slikkes, et non d'anciens affluents subsistant malgré les progrès du colmatage qui transforme petit à petit les basses slikkes en hautes slikkes. Ces affluents ont toujours un angle de confluence presque droit, contrairement à la plupart des affluents du domaine central (de la slikke) qui ont un angle de confluence aigu, sauf lorsqu'il y a des levées latérales» (F. VERGER, 1968, p. 120).

Le fait que nous sommes, avec cette bande médiane, en dehors des anciennes exploitations salicoles («prises de marais») permet d'y voir la trace du Havre de Brouage, beaucoup plus large qu'actuellement lorsque les salines étaient en activité : à basse mer, son chenal était bordé de slikkes comparables à celles qu'on observe dans chaque estuaire, et de nos jours encore en aval des écluses de Beaugeay. Il est malheureusement difficile d'affirmer que les «prises de marais» encadrant cette bande de marais doux marquent les limites extrêmes du schorre (couvert de végétation) au moment de leur établissement, comme aujourd'hui les claires à huîtres établies sur la rive gauche de l'estuaire du Havre, à l'extrême Ouest de Brouage.

La persistance de ces réseaux d'affluents de type «haute slikke» courts et rectilignes ou comportant des méandres, permet de penser que le colmatage de ce Havre a été particulièrement rapide. On sait que le coulage de bateaux rochelais dans l'estuaire du Havre de Brouage en 1628 est à l'origine de l'accélération du colmatage. Est-il possible de reconstituer les limites de la haute slikke au

moment de cet événement ? Nous avons noté les types de chenaux assez dissemblables visibles dans cette bande médiane ; l'observation de la haute slikke actuelle du Golfe de Brouage permet de voir que les affluents des chenaux sont rectilignes : cette zone est actuellement battue par le flot et le jusant. Par contre, en position abritée, comme dans l'anse du Faou, les chenaux à méandres sont mieux représentés. On peut alors se demander si la création de chenaux à méandres fréquents à Bellevue et dans la partie la plus proche du confluent avec le Havre, est à mettre en rapport avec le barrage de ce dernier par les Rochelais. Le Havre présentait alors, dans la région de Bellevue, un élargissement sensible, dû à la confluence du chenal de La Prée, drainant la région de Saint-Agnant (NE), du chenal de Malentrait venu de Saint-Jean-d'Angle (E), et du chenal de La Paillerie au Sud. Dans cette sorte de «lac» formé lors des marées hautes, l'agitation devait être sensible lorsque les vents de Nord-Ouest le parcouraient dans sa plus grande dimension. Il est donc possible que la charge sédimentaire ait alors été importante ; et reprenant une idée de I. SCHATTNER (1962) appliquée naguère aux marais de l'estuaire de la Charente (R. REGRAIN, 1971 c, p. 132), on pourrait voir là l'origine de ces petits méandres ; cette hypothèse confirme la fréquence de ces méandres devant la microfalaise qui borde les schorres de la Charente, de la Seudre et la baie de Brouage ; c'est, en effet, à ce niveau que s'effectue la sédimentation la plus active (F. VERGER, 1968, p. 280 - 281).

2 - La zone intermédiaire encadre la bande de sartières du Havre de Brouage. Le paysage de marais plats s'y mêle à celui de marais gâts, les marais plats étant plus fréquents au sud de Bellevue, entre les chenaux de La Paillerie et de Gémeux. Des chenaux morts peuvent y être présents, mais beaucoup plus rares que l'étendue des marais plats le laisserait espérer. Cette zone est surtout caractérisée par l'existence de grands chenaux vifs, principaux affluents du Havre, qui admettent un cours rectiligne ou très faiblement sinueux. Très développés sur la rive droite : chenal de l'Alouette, des Sables, de la Prée entre Bellevue et les écluses de Beaugeay, et sur la rive gauche, des Ecluses à Brouage : chenal de la Craie, de Tirançon, de Bertru, les chenaux rectilignes font place, dans la partie plus interne du marais, à des chenaux au tracé plus délié : chenal de Malentrait, de Mille Ecus, de Reux, des Gemeux, de La Paillerie, ce dernier présentant à la Cabane du Grand Sauvaget, un méandre étroit. Plus au Nord-Ouest, les chenaux principaux ont un tracé en lignes brisées, très inattendu.

Ces chenaux reçoivent, à un kilomètre environ avant leur confluence avec le Havre, leur dernier affluent, dont l'angle de confluence est voisin de l'angle droit. Ce réseau penné étalé *(Figure 107)*, assez peu dense - un affluent tous les 5 à 600 m sur le chenal de Malentrait - dont on peut trouver un exemple dans la Seudre proche, serait à mettre en rapport avec le mode d'accroissement du schorre, rapide et régulier : «lorsque la progression du schorre est rapide et régulière, le système hydrographique est formé de longs chenaux parallèles en dehors de quelques anciens chenaux établis sur des hautes slikkes et qui ont pu, grâce à leur raccord avec des chenaux majeurs, avoir assez de vigueur pour éviter le colmatage progressif». F. VERGER (1968) précise que cela se produit pour les affluents dans le réseau penné étalé des anses notamment, ce qui est le cas des chenaux envisagés. Un réseau penné fastigié, avec angles de confluence aigus s'esquisse à l'Ouest, avec le chenal du Grand Garçon.

Il y a lieu de se demander cependant, si les «prises de marais» n'ont pas fait disparaître un nombre important de chenaux affluents : on constate que ceux-ci apparaissent d'autant moins que les jas et vasières sont plus vastes et plus récents, la conquête s'étant effectuée à partir des rives ; les sauniers auraient pu, à l'époque moderne, s'affranchir davantage des conditions naturelles, d'autant que les bénéfices tirés du sel permettaient un aménagement plus poussé : en effet, le réseau subsiste sur les marais plats, comme par exemple à l'Ouest du Grand Sauvaget.

Il est donc probable que, là comme en d'autres circonstances, les marais salants se soient adaptés au réseau des chenaux pré-existants ; lorsqu'ils étaient rares, les «prises de marais» ne pouvant être alimentées n'ont pas été créées et les marais plats y subsistent encore de nos jours. Seules des prises couvrant une grande surface pouvaient être établies, mais elles devaient être situées le plus près possible de la mer, ou du Havre, pour pouvoir être remplies aux pleines mers de juin à septembre, et près d'un chenal assez large et assez profond pour que son «débit» soit suffisant. La présence de vastes prises dans cette zone intermédiaire peut donc s'expliquer par des causes naturelles, mais les conditions économiques de l'exploitation salicole à son apogée, ou sociales (apparition de «grands» propriétaires à côté des abbayes ?) ne sauraient être négligées.

B. PALISSY (1580) a d'ailleurs souligné cette adaptation aux conditions naturelles *«il ne faut point douter que les premiers qui en ont érigé n'aient choisi les lieux les plus proches de quelque canal naturel : car s'il n'y avait point de canal, il serait difficile d'amener le sel qui se fait sur les marez jusque au navire dedans la grande mer...»* mais il ajoute *«et combien que aucuns canaux ont été trouvés naturels ce néanmoins... il ne faut point douter que nos proédécesseurs n'aient été contraints de former des canaux es lieux où il ne s'en est point trouvé de nature» ;* nous n'avons pu identifier de tels canaux.

Ainsi, dans la zone intermédiaire, la carte des chenaux du marais de Brouage indique les conditions de genèse de cette région, rapide et régulière. Les conditions de création des «prises de marais» permettent de se faire une idée très approximative de leur âge, et on peut estimer, sous toutes réserves, que ces «prises» datent des XIVème, XVème, XVIème et XVIIème siècles. Au XVIIème siècle, les chenaux principaux, «n'étaient plus navigables que jusqu'à une faible distance dans l'intérieur» selon un document d'archives cité par A. DROUIN (1933). D'autre part, aucun des toponymes de marais cités par A. PAWLOWSKI (1904) d'après les chartes et reconnaissables sur les cartes actuelles n'est situé dans cette zone intermédiaire ; il cite par ailleurs une «sartière» près de Malaigre, en 1339 : au XIVème, un schorre se développait donc à l'ouest de cette île.

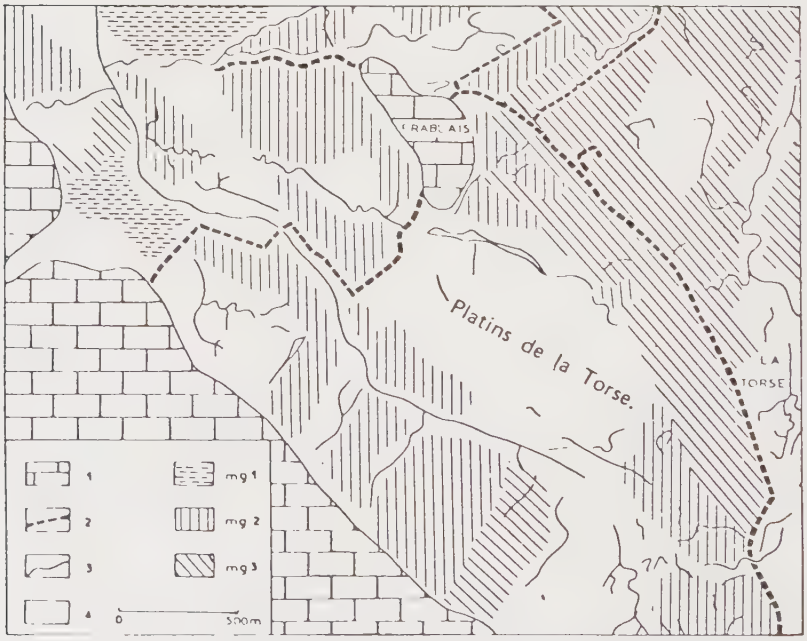
3 - La zone périphérique est caractérisée par un réseau de chenaux beaucoup plus dense, au tracé contourné, avec de nombeux méandres ; la continuité des chenaux est souvent difficile à reconstituer. Ce type de réseau est à la fois entéromorphe et évanescent, pour reprendre la classification de C. CAZABAT (1969, p. 34). Cette zone est séparée en plusieurs ensembles par les «caps» de Beaugeay et de Saint-Fort : au Nord, le «marais de Moëze»; entre Beaugeay, Malaigre, Saint-Fort et le continent, le «marais de Saint-Agnant»; entre Malaigre et Saint-Jean-d'Angle, le «marais de Saint-Fort». C'est dans

figure 105 :

Les chenaux de marée du Marais de Brouage

traits fins : «chenaux vifs»
traits épais : «chenaux morts»

ST-AGNANT
Cabane du Sillon
Prée
Chenal de la
Les Bossillons
Buisson des
Tamaris
St-Fort
N
Malaigre
Chenal de
Malentrait
ST-JEAN D'ANGLE
Brouage
Paillerie
Cabane de Mondormi
des Gemeux
Chenal de Reux
Chenal des
Etourneaux
Tour de Broue
ST-JUST
ST-SORNIN



– Stades successifs d'aménagement (mg 1, 2, 3) et réseau de chenaux (3) au SW du Marais de Brouage. 1 : bordure continentale ; 2 : taillées ; 4 : parties non creusées de marais salants.

Figure 106

Chenaux et marais gâts au sud-est d'Hiers

(Cliché IGN : FR 760-150-IR nº 1103)

ces zones que furent creusés à la fin du XVIIIème siècle les canaux de Loubresse, du Moulin du Port et de Saint-Fort, rectilignes et assez étroits.

Le «marais de Saint-Agnant» *(figure 108)* présente les traits les plus caractéristiques de cet ensemble : chenaux principaux à méandres bien calibrés, chenaux affluents contournés eux aussi, marais gâts et marais doux imbriqués par petites parcelles, chenaux morts très peu fréquents : moins du dixième de la longueur totale des chenaux. Les axes principaux, chenal de Boule vers le Nord et Grand Chenal de Saint-Fort vers le Sud-Est, en arrière de Malaigre présentent des méandres très développés, au tracé en oméga, parfois (Cabane du Sillon), mais la forme modale est celle en n, avec deux branches à peu près parallèles. Un indice de développement, égal au quotient de l'amplitude de la boucle par la distance entre les deux extrémités de celle-ci : $I = \frac{A}{L}$ permet de quantifier la courbure de ces méandres. *(tableau 23).*

CHENAL	LIEU	A	L	I	FORME
Boule	Cne du Sillon	65	70	0,92	«oméga»
Gd Saint-Fort	Ruisson des Bossillons (aval du confluent)	24	27	0,89	«oméga»
Russon des Tamaris		10 5	5 5	2 1	n
Chenal de la Paillerie	Cne du Grand Sauvaget	50	20	2,5	n (zone intermédiaire)
Havre de Brouage	Bellevue	25	115	0,22	

Tableau 23

Valeurs de l'indice de développement de quelques méandres du Marais de Brouage

Ce tableau montre que les méandres «en oméga» ont un indice i voisin de 1 ; les méandres en «n» ont une valeur de i supérieure à 2, et que les sinuosités peu prononcées (Havre de Brouage) admettent des valeurs très faibles de i. Ici, les valeurs proches de 1 sont plus fréquentes, alors que les valeurs supérieures à 2 sont exceptionnelles.

Les valeurs très proches de 1 sont localisées dans l'ancienne baie de Saint-Agnant, abritée à l'Ouest et au Nord-Ouest par la presqu'île de Beaugeay, alors que les valeurs légèrement supérieures se rassemblent au Nord-Est de Malaigre, dans une zone moins abritée. Il semble donc que, pour ce marais, l'abri des houles du large soit responsable du dessin de ce réseau de chenaux, les méandres étant d'autant plus proches du demi-cercle que l'abri est meilleur. Des observations concordantes peuvent être faites à propos du tracé du Havre de Brouage lui-même, qui dessine des méandres bien arrondis ($i \geq 1$) dans la partie du marais situé près de la Tour de Broue, là où l'agitation du large ne pouvait parvenir que fort affaiblie. De même, au Sud-Est de l'île d'Hiers, une zone de chenaux à méandres bien arrondis peut être observée, qui souligne le rôle de cette île dans la genèse du réseau de chenaux.

Si dans les marais de Moëze, le rôle d'abri du cordon des sables de Plaisance est évident pour expliquer la forme des chenaux, le réseau proche de Loubresse, assez discontinu, se caractérise par des angles de confluence voisins de 90°. Collecteur naturel principal, le chenal de Foran présente deux méandres ayant des indices i voisins de 2, donc peu contournés, en arrière de l'îlot de Loubresse alors que la partie située dans le marais de Loubresse même est plutôt rectiligne. On pourrait être en présence d'un ancien schorre s'étant développé de façon «rapide et régulière» ; le phénomène est cependant moins net que dans la zone intermédiaire étudiée ci-dessus.

A Loubresse comme à Saint-Agnant, bien que les marais plats soient fréquents, les chenaux morts sont rares : marais gâts et marais plats s'imbriquent étroitement, en blocs de 3 à 4 ha, aux limites irrégulières. Par contre, au Sud de Saint-Fort comme au Sud-Est de Hiers les chenaux morts sont plus fréquents ; dans le marais de Saint-Fort sur une bande médiane de marais plats, ils sont exclusifs et d'un plus grand développement que les chenaux vifs. La reconstitution d'un réseau dendritique se joignant au Grand Chenal de Saint-Fort ou au Chenal de Malentrait étant difficile à partir de ce réseau évanescent, on peut penser avec F. VERGER (1968, p. 306) que la position d'interfluve entre ces 2 chenaux principaux, en est responsable. Il s'agirait alors de «dépressions primaires», qui se produisent dans les zones d'extension progressive simple lorsque «de grands chenaux et leurs affluents sont bordés sur les hautes slikkes par des levées naturelles qui sont les premières colonisées par la végétation ; les interfluves, naturellement déprimés, forment des cuvettes sans végétation». Cependant, la forme des dépressions étudiées suggère plutôt des chenaux que des cuvettes. Il est probable que ce marais de Saint-Fort, l'un des plus anciens du marais de Brouage, ait vu ses chenaux secondaires déjà colmatés au moment où les marais salants ont commencé à s'installer.

Les trois types de réseaux de chenaux distingués, (figures 105 à 108) réseau de type haute slikke à courts affluents orthogonaux dans la bande du Havre de Brouage, réseau penné fastigié réduit aux chenaux vifs principaux dans la zone intermédiaire, réseau à méandres «en dentelles» dans les zones internes, correspondent à trois stades dans la genèse du marais, perçus au travers de trois périodes d'aménagement.

Si nous faisons provisoirement abstraction de la partie la plus interne du marais, proche de la Tour de

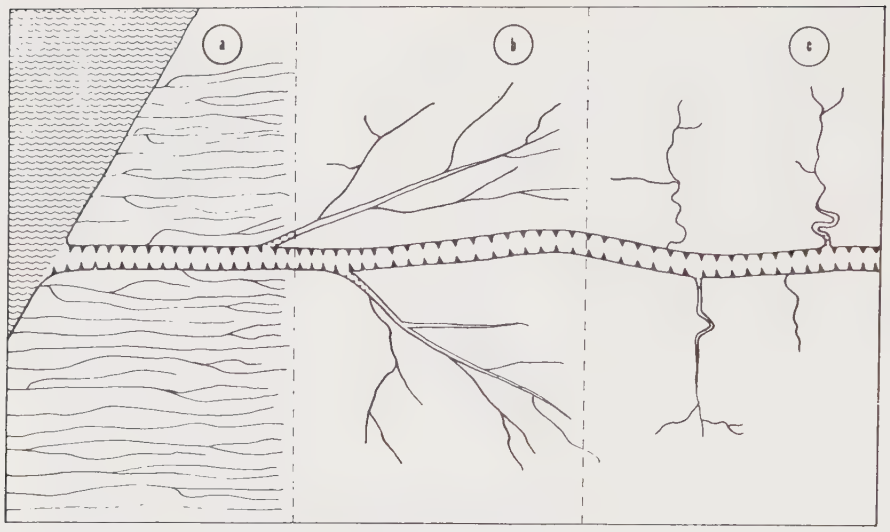


Figure 107 :

Principaux types de réseaux élémentaires de chenaux dans les vases

(Extrait de F. VERGER, 1968, p. 260)

a : réseau faiculé
b : réseau penné fastigié
c : réseau penné étalé

Figure 108

Les chenaux de marée dans le marais de Saint-Agnant

(Traits continus : chenaux «vifs» - pointillés : chenaux «morts»)

Broue, et de sa frange sud-est liée au chenal de l'Epine-Mérignac, la genèse des marais du cours moyen et inférieur du Havre de Brouage peut être présentée de la façon suivante.

A une époque assez ancienne, antérieure au Xème siècle (le premier document connu concernant des salines de Marennes est la donation de celles-ci par Dagobert à l'abbaye de Saint-Denis, VIIème siècle), le rivage devait s'appuyer sur Loubresse, la péninsule de Beaugeay, Malaigre, la confluence du chenal des Etourneaux dans le Havre, l'île d'Hiers : l'ensemble des atterrissements situés à l'Est et au Nord de cette ligne étant caractérisé en particulier par un réseau de chenaux à méandres bien développés : valeurs de i supérieures à 1 (ou très voisines).

Durant les deux premiers tiers du présent millénaire, du XIème au XVIème siècle, les atterrissements ont continué, ne réservant que la bande de «sartières» qui accompagnent le Havre et la partie voisine du cours des affluents principaux. Cette époque est marquée par un type de progression du schorre inconnu jusqu'alors, (ou peut-être esquissé dans le marais de Loubresse ?) progression rapide et régulière : seuls subsistent les axes principaux d'écoulement, pour l'essentiel rectilignes.

Enfin, à l'époque contemporaine, le colmatage du Havre se poursuit, peut-être en deux étapes comme l'histoire et le tracé des courts affluents du Havre le suggèrent : en amont de Brouage, l'abandon des salines accompagne ce colmatage progressif du chenal. Les atterrissements se poursuivent : les chenaux, naturellement moins nombreux (Le Grand Cimetière) se rapprochent du type «haute slikke» visible dans les sartières du Havre. Les méthodes modernes d'exploitation, de plus, permettent de s'affranchir de la plupart d'entre eux. A travers le marais, ainsi défini comme le «bassin du Havre de Brouage», la raréfaction des chenaux vers la partie maritime actuelle reste un trait essentiel.

Après avoir noté que ces trois phases recoupent les trois formes d'aménagement observées page 138, il reste à indiquer pourquoi à une période caractérisée par des méandres dans le réseau hydrographique succède une période où seuls les axes majeurs existent, puis une dernière où de courts affluents ne se développent que dans une situation d'abri ?.

I. SCHATTNER (1962) note à propos de la basse vallée du Jourdain que la tendance de la rivière à décrire des méandres est directement proportionnelle à la charge fine, et que la fréquence des méandres en oméga et des méandres redressés est une conséquence de l'entrave à leur développement créée par les prélèvements d'eaux pour l'irrigation, donc à une diminution du débit. Dans cette hypothèse, le tracé des chenaux de Boule et La Prée, descendant de St-Agnant et de Beaugeay marque plusieurs étapes du développement du schorre, antérieures au XVIIIème siècle. D'abord, un tracé peu ordonné, parfois rectiligne, parfois formant des boucles, dans les 4 à 500 mètres les plus proches de la falaise morte ; puis d'amples méandres présentant un indice de développement i voisin de 1, que l'on retrouve sur la plupart des chenaux, et qui peut être mis en rapport avec une diminution du débit solide de ces chenaux ; comme dans le cas du Jourdain, celle-ci peut être associée à une diminution du débit liquide : colmatage des chenaux vers l'aval dû à un changement des conditions dynamiques dans le bassin : forte sédimentation ou oscillation négative du niveau marin.

Enfin, la dernière section, dans la «zone intermédiaire» témoigne d'une extension rapide et régulière du schorre, par la présence des seuls chenaux principaux, confluant à angle droit dans le Havre de Brouage. Pour rendre compte de ce phénomène, on peut ne pas exclure à priori l'idée du mouvement négatif du niveau marin dans la baie (quelques décimètres) ayant soustrait un vaste espace de haute slikke aux pleines mers moyennes, espace sur lequel une végétation plus dense a pu rapidement s'établir. Cette baisse - qui a eu comme conséquence l'enfoncement des axes principaux du drainage, l'envahissement des chenaux secondaires par la végétation et leur colmatage-pourrait se situer entre le IXème et le XIIIème siècle. La coïncidence de cette extension rapide des schorres avec de grands mouvements d'endiguement dans les marais littoraux consécutifs à l'expansion démographique contribuerait à mieux expliquer l'extension des salines et les succès croissants du sel de Brouage. (P. LEFEVRE, R. REGRAIN, 1978).

D'autre part, ces trois types de réseaux de chenaux caractérisent des «régions» qui ont été aménagées de façon différente. Les marais salants atteignaient Malaigre au début du XIVème siècle, couvrant l'ensemble du marais de St-Agnant. Dans la zone intermédiaire, les marais plats sont beaucoup moins importants, alors que les exploitations salicoles sont plus vastes (plus de 5 ha de surface). Cela correspond à de nouvelles conditions d'exploitation du sel, liées à une résidence du saunier dans le marais, disposant d'une famille plus nombreuse, de moyens de transport du sel plus efficaces : chevaux, puis barques plus importantes pour les chenaux principaux plus larges ; peut-être aussi de véritables «entrepreneurs de salines» exploitaient-ils le marais ? Après cette période d'apogée, les sartières marquent dans le paysage l'arrêt des salines, le colmatage du Havre et l'extension des marais gâts.

La carte des chenaux du marais de Brouage permet donc de retrouver, par delà les aménagements humains, les axes naturels d'écoulement des eaux dont la conservation est œuvre humaine, même si les sauniers n'ont conservé que ceux qui leur étaient utiles. Son étude montre la succession de trois types principaux de schorres correspondant à trois périodes d'atterrissements ainsi qu'à trois contextes dynamiques régionaux : un type «ancien», à chenaux à méandres dans les zones abritées ; un type «moderne» à grands chenaux confluant perpendiculairement dans le Havre, marquant une progression rapide du schorre et peut-être une légère oscillation négative du niveau marin ; un type «contemporain» qui n'admet que des affluents courts et superficiels marquant le comblement du Havre.

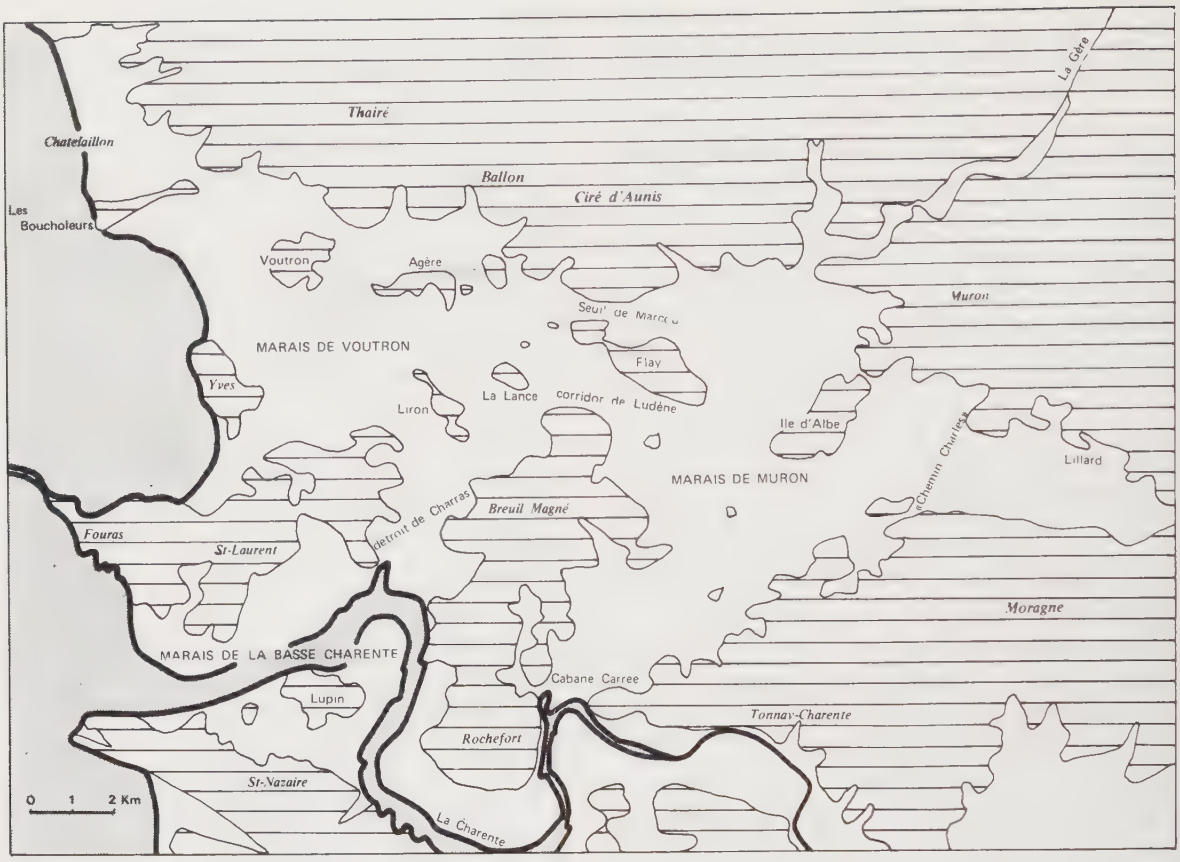


Figure 109

Le marais de Rochefort,

croquis de repérage

II - LES CHENAUX DES MARAIS DE ROCHEFORT.

Dans le bassin de Rochefort, on distinguera *(figure 109)* une partie orientale, dite **marais de Muron,** une partie occidentale dite **marais de Voutron,** separées par les anciennes îles de Breuil-Magné et de Flay ; ces marais communiquent au Nord-Ouest par le **seuil de Marcou** et à l'Ouest par le **corridor de Ludène** ; au Sud, les marais de la Basse Charente touchent les marais de Muron à la Cabane Carrée et les marais de Voutron au **détroit de Charras.** *(Figure 109).*

Les marais de Muron, de forme triangulaire, qui doivent leurs vastes horizons plats à la technique hollandaise d'endiguement, ont sans doute contribué au sentiment d'isolement qu'éprouvaient les garnisons rochefortaises et expliquent peut-être le rôle pénitentiaire attribué à l'Ile Madame, Rochefort ou Brouage. Les marais de Voutron, quant à eux, ont très tôt été couverts de salines et leur paysage de marais gâts rappelle celui du marais de Brouage.

Ces marais de Muron formaient naguère une baie triangulaire, ouverte vers la mer par le seuil du Marcou, le corridor de Ludène et le détroit de la Cabane Carrée ; cette baie se combla peu à peu. Le schorre ainsi formé ne fut endigué qu'au XVIIème siècle dans sa partie médiane près de l'Ile d'Albe, bien que la partie interne ait pu être auparavant traversée par le «Chemin Charles» entre Tonnay Charente et Muron ; ce chemin est considéré comme étant une voie romaine (F. ARNAUD, 1897). La longévité des schorres et des marais «sauvages», antérieurement à l'endiguement, permet donc d'espérer que les traits principaux de la géomorphologie des schorres y aient atteint un haut degré de perfection ; pour peu que les techniques d'exploitation n'aient pas été trop intensives (pacage plutôt que labours par exemple), ces formes ont pu persister jusqu'à nos jours ; si le sol s'est normalement tassé, les plantes halophiles ont disparu, mais les axes principaux du drainage ont persisté. En effet, le paysage de ces marais «plats» se caractérise par l'existence de longues dépressions, plus ou moins larges, où croissent roseaux et guimauves au milieu de parcelles de prairies permanentes ; ces dépressions toujours inondées en saison pluvieuse gardent, même au cœur des étés très secs, une humidité sensible ; elles créent parfois un pseudo-relief au milieu des marais en raison de leur végétation plus élevée ; mais lorsque la parcelle est couchée en maïs, les dépressions apparaissent par contre en creux, car les maïs s'enracinent et se développent plus difficilement dans les horizons gleyifiés du sol. *(figure 110).*

L'étude du marais de Brouage a montré que ceux des chenaux qui pouvaient servir au nouvel aménagement ont été conservés ; ici, l'aménagement fut exclusivement agricole, et les anciens chenaux furent autant d'obstacles : le dessin des digues et des fossés s'en affranchit le plus possible ; ainsi la levée de la Cabane St-Louis, parallèle à la RN 11 traverse-t-elle une zone particulièrement humide le marais de la Petite Flandre (Commune de Muron). Enfin, on notera que par suite des façons culturales (labours jusqu'au XIXème siècle), les ramifications les plus étroites de ces chenaux ont pu être comblées.

Figure 110
Aspects des chenaux «morts» dans un marais plat de Muron

Bien que la reconnaissance au sol de ces dépressions soit gênée par les difficultés d'accès aux parcelles, il est possible d'en établir une cartographie par des moyens au sol (topographiques), ou indirects (opérations aéroportées). Les opérations topographiques menées pour l'aménagement agricole de tel ou tel secteur permettent une approche ponctuelle de ces réseaux de dépressions.

Dans le cas du Marais Poitevin, F. VERGER (1968, p. 368) a pu noter ainsi que l'histogramme des cotes du couloir d'inondation de la Vendée présentait un mode vers 2,40 m - 2,60 m, alors que les marais voisins admettaient 3,30 m à 3,40 m comme cotes modales ; la restitution planimétrique de ce chenal est rendue aisée par le caractère allochtone de la Vendée, née hors du marais. Il est possible aussi de lever au sol les chenaux de marée persistant dans un marais . Lorsque la différence d'altitude entre le marais et l'ancien chenal n'est pas l'objet même de la recherche, on peut se contenter de repérer les chenaux par une méthode indirecte, l'étude des photographies aériennes infrarouge.

La carte ainsi réalisée *(figure 111)* montre le palimpseste que forme actuellement la surface du marais car les chenaux ont été tronçonnés par le réseau des digues et des fossés. Dans la mesure où le réseau naturel des chenaux du schorre peut renseigner sur les conditions de genèse du marais, il permet une meilleure compréhension des phénomènes de sédimentation et donc de pédologie ou d'hydrologie des marais ; sa restitution peut servir à déterminer, au sol, différents géotopes, et conduire à une cartographie synthétique du milieu naturel.

Figure 111

Les chenaux du marais de Muron

1) les types de réseaux dans le marais de Muron (Figure 112)

La carte des anciens chenaux de marée, repérables malgré les aménagements, montre, de part et d'autre de l'Ile d'Albe, des réseaux principaux : à l'Est tout s'ordonne de part et d'autre d'un collecteur central orienté de l'Est vers le Sud-Sud-Ouest, à l'Ouest, divers tronçons très sinueux peuvent être regroupés en un tracé Nord-Sud. Ces deux réseaux se dirigeant vers le Sud semblent s'unir au Sud de l'île du Bois d'Arlais ; il est ensuite possible de retrouver leur prolongement en direction de la Charente actuelle.

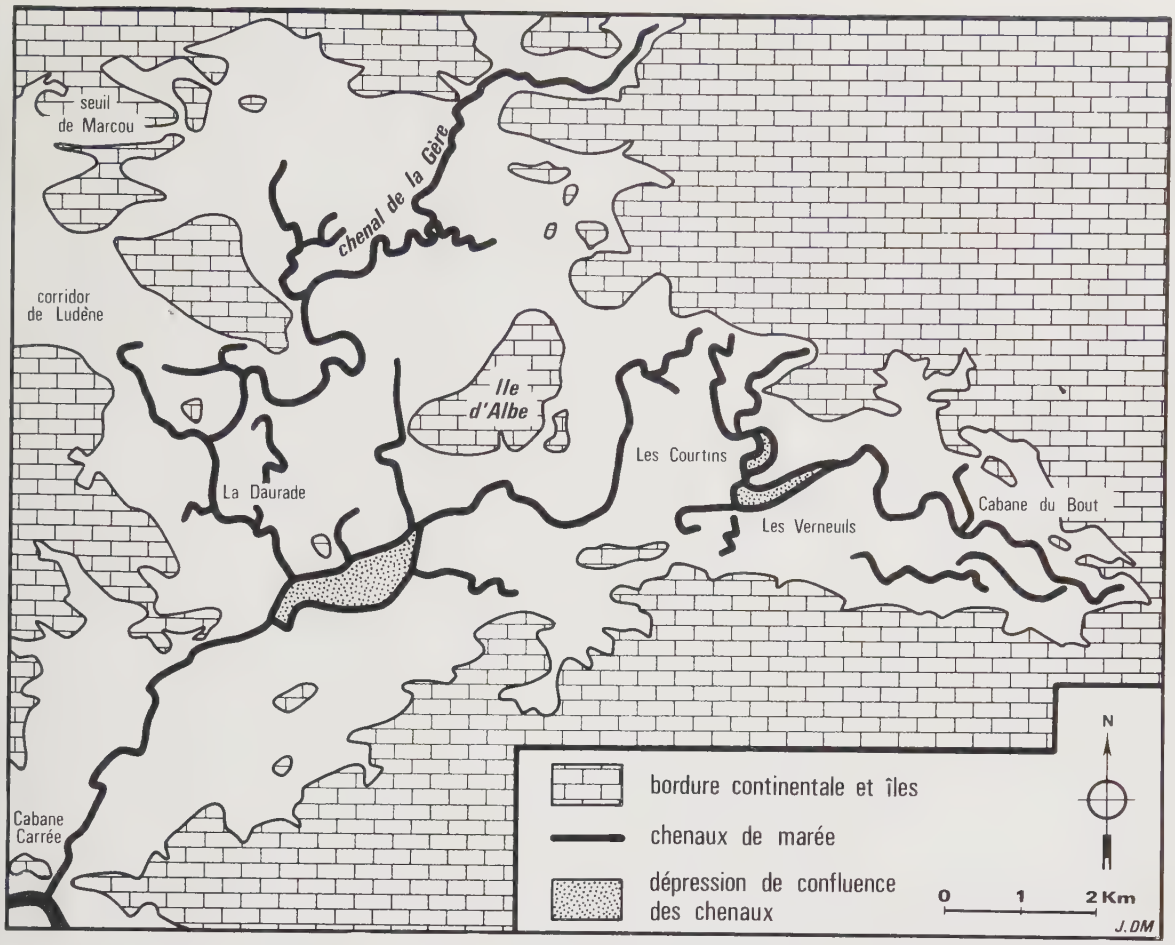


Figure 112

Réseaux des chenaux de marée dans le marais de Muron

Interprétation de la figure précédente

a) Les marais situés à l'est de l'île d'Albe et de la R.N. 11

La partie orientale du bassin de Rochefort se caractérise par un large chenal central, au tracé très sinueux, recevant de nombreux affluents (ou défluents), tronçonné en trois parties, juste après un élargissement important.

- le chenal de la Cabane du Bout

Dans sa partie la plus interne (près de la Cabane du Bout), le chenal principal est assez rectiligne, large de 30 à 50 m sur la moitié de son cours, ne reçoit d'affluents que du Nord et est accompagné vers le Sud par une sorte de défluent très étroit et fort sinueux. Le caractère rectiligne de l'axe principal peut être mesuré par le rapport entre la distance en ligne droite entre les points extrêmes de son tracé et le parcours réel entre ces mêmes points. La détermination de ces deux points est toujours approchée. A «l'amont», côté continent, divers tronçons peuvent éventuellement être associés au chenal étudié mais la présence d'une diffluence entre deux chenaux rend cette continuité hypothétique ;d'autre part, le chenal peut avoir été plus long, et ses ramifications extrêmes avoir été oblitérées ; on a retenu le point extrême du tronçon le plus oriental déterminé sur cliché infrarouge, et vérifié sur le terrain. Côté «aval» ou maritime, la même indétermination subsiste, sauf si le chenal a été coupé par une digue ; pour ce tronçon interne, on a considéré que le chenal avait été interrompu au droit du Tournant des Melounes, dernier secteur très humide de son tracé. Tel que, ce chenal présente un parcours de 2.800 m environ, soit un rapport R de 1,16 avec le segment de droite passant par son origine. On notera que l'indice i des méandres n'est qu'un cas particulier de R.

Les affluents de rive «droite» (côté Nord) sont courts, 100 à 200 mètres et confluent à angle droit, déterminant ainsi un réseau de type penné étalé ; ce réseau rappelle celui des slikkes situées au-dessus des pleines mers de petite morte eau (F. VERGER, 1968, p. 259).

Au Sud, divers tronçons peuvent s'ordonner en un chenal unique, présentant un tracé très rectiligne à l'Est, et quatre méandres à l'Ouest ; il est impossible de reconnaître le sens de l'écoulement, mais on peut estimer que la confluence de ce chenal sud avec le chenal principal s'effectue vers l'Ouest, dans les prés de la Minaude, sans qu'on puisse la localiser avec plus de précision.

- le chenal des Verneuils

Dans sa partie moyenne, entre Nolon et les Forges, un nouveau tronçon de chenal s'individualise. Il prend naissance dans les prés de la Minaude, où de nombreuses marbrures au tracé très contourné (texture polygonale) prolongent le chenal des Prés de la Cabane du Bout, se dirige vers le Sud-Ouest (Cabane des Verneuils), d'où il semble repartir ensuite brutalement vers le Nord, puis l'Ouest, pour se terminer près du Chemin Charles, après avoir reçu de nombreux affluents. Près de la Cabane des Verneuils se situe l'un des secteurs les plus humides du bassin de Rochefort, et la forme des anciens chenaux y suggère que le chenal venu du Nord et le chenal venu du Nord-Est confluent en s'élargissant dans un vaste bassin de forme semi-circulaire, d'environ 15 ha de superficie, dont la profondeur varie entre une vingtaine et une cinquantaine de centimètres.

La largeur de ce chenal des Verneuils est très variable, de 10 à 200-300 mètres, et les angles des rares confluences sont là encore droits, mais le réseau formé évoque davantage celui des marais salants de Brouage. L'interruption de ce chenal près de la Cabane des Verneuils ne résulte pas de la construction du Chemin Charles ; ce chenal se continue vers l'Ouest, dans les marais des Chapelains, à l'Est de la levée des Courtins, en particulier.

A l'Est du chemin Charles, les eaux pluviales rassemblées dans ces anciens chenaux de marée, se sont dirigées vers le coude principal, là où les vitesses atteintes au flot comme au jusant avaient pu naguère creuser la dépression semi-circulaire des Verneuils. Ainsi, un chenal de marée qui fonctionnait alternativement dans un sens puis dans l'autre a-t-il pu, après son tronçonnement, fonctionner côté mer comme au flot (au Nord), et côté continent comme au jusant (à l'Est). Dans la partie orientale, la topographie actuelle a conservé l'inclinaison en direction du Sud-Ouest, puisqu'au Nord-Est de la Cabane des Verneuils, le fond de ce chenal est situé vers 2,15 m NGF et à moins de 2 m en direction du Sud-Ouest.

- le chenal dans les marais de la Petite Flandre

Dans les marais de la Petite Flandre, un troisième tronçon du même chenal peut être identifié, qui se suit depuis le Chemin Charles et le Marais Plat (Muron) jusqu'à la Cabane Saint-Louis à 3 km au Sud-Ouest de l'Ile d'Albe. Ce chenal du marais de la Petite Flandre rassemble les caractères du chenal de la Cabane du Bout et du chenal des Verneuils dont il est le prolongement. Le rapport entre sa longueur (8.500 m) et son parcours direct (6.000 m) est de 1,41 ; sa largeur croît vers la mer (de 5 à 500 mètres) ; il se termine par une vaste dépression à quelque distance de la R.N 11, qui semble l'avoir tronçonné, et reçoit de rares affluents aux confluents moins nettement perpendiculaires qu'en «amont». Son caractère distinctif est la vaste dépression terminale, près de la Cabane Saint-Louis, de près de 80 ha, dont le plancher se situe vers 1,85 à 1,90 m NGF alors que les marais voisins atteignent 2,20 à 2,40 m NGF, humide en toutes saisons malgré la densité des fossés et sillons de drainage. L'origine de cette vaste dépression semble devoir être recherchée, comme pour le chenal des Verneuils, dans la construction de la levée des Longées (actuelle RN 11). Cette levée recoupe obliquement le chenal de Saint-Louis, et l'isole de son confluent avec les Daurades (chenal venu de l'Ouest de l'Ile d'Albe). On peut voir dans la partie méridionale du chenal des Daurades, l'exutoire de ce système de chenaux drainant l'ensemble du bassin de Rochefort.

b) Les marais situés à l'ouest de l'île d'Albe

Situés entre l'Ile d'Albe et l'ensemble île de Flay-île de Breuil - Magné - Rochefort, ces marais furent abrités des houles d'Ouest sauf sur 1 km entre Flay et Breuil (Corridor de Ludène) ; ils s'étendent sur 7 km depuis Ardillières au Nord jusqu'aux presqu'îles de Loiré. Ils présentent un chenal principal au tracé très contourné (11,5 km pour 6,3 km de parcours direct, rapport 1,82) grossièrement Nord-Sud, recoupé plusieurs fois par le canal de la Daurade, encadré de deux digues isolant à l'Est la partie occidentale des marais de la Petite Flandre et à l'Ouest les prises des communes d'Ardillières, de Ciré d'Aunis et de Loiré-les-marais. Comme le chenal de la Cabane du Bout, ce chenal de la Daurade est accompagné d'un chenal secondaire, situé près de l'île d'Albe, qui devait confluer avec le chenal de Saint-Louis au Sud de cette île.

Le chenal de la Daurade présente trois aspects, du Nord au Sud. Dans le Marais Neuf et les marais d'Ardillières (Cabane de Portefâche) s'observe un réseau penné fastigié, avec confluence à angle aigu ou droit, formé par des chenaux plutôt rectilignes à la rencontre d'un axe principal très riche en méandres ; derrière l'île de Flay, le chenal de la Daurade décrit de vastes méandres dont l'indice i varie de 1,5 à 2. Face au «corridor de Ludène», les traces de chenaux se font plus nombreuses mais l'orientation générale vers le Sud l'emporte.

Toutefois, au Nord-Ouest de Ludène, un chenal dit «des Parpaings» dessine une boucle étroite en direction de l'Ouest : s'agit-il d'un ancien cours du chenal de la Daurade, ou d'un élément du réseau de la Suze, appartenant à la partie occidentale du bassin de Rochefort * ? En effet, par ce «corridor de Ludène» les deux parties du bassin communiquent, et la topographie de précision seule pourrait indiquer une «ligne de partage» entre les deux bassins ; des nivellements effectués dans ce secteur ont montré que le chenal au Sud de Ludène présentait une légère inclinaison vers l'Est (2,10-2,20 m à 2-2,10 m sur 500 m), et que des cotes supérieures, voisines de 2,30 m pouvaient être relevées au Nord de Bel Air (île de Breuil) secteur à partir duquel des altitudes descendent vers l'Ouest (cf. infra, p. 229).

Vers le Nord, le raccordement entre ce chenal de la Daurade et la Gère ou la Devise semble pouvoir se faire entre le Marais Neuf et la Prise de Belleville. Entre ces deux prises découpées en parcelles de 1 à 2 ha, la prise de la Grande Cabane, appuyée sur le canal de la Daurade présente deux caractères distinctifs ; d'une part, les parcelles y sont plus vastes, 2 à 4 ha, comme dans les marais asséchés au XVIIème siècle, et, d'autre part, la digue comporte un tracé moins rectiligne, avec des courbes évoquant le tracé d'un chenal, entre des traces de chenaux au Nord et au Sud ; de plus, la seule partie rectiligne de cette digue recoupe, près de la Grande Cabane, la sinuosité nette d'un chenal. Ces arguments, joints à l'inexistence de prolongements vers l'Ouest du cours de la Gère au Nord de la prise de Belleville, autorisent donc à voir dans le chenal de la Daurade l'exutoire naturel de la Gère. Le tracé presque rectiligne de cette partie interne du chenal de la Gère-Daurade s'expliquerait par l'apport d'eaux douces peu chargées en sé-

* Lors du desséchement du «Marais du Roy», en 1713 (Arch. Dép. Charente-Maritime, C. 24 no 1), il est fait mention d'un «chenal d'Yves qui estoit l'ancien cours du Gué Charroux». (C. GABET, 1977, p. 297).

Figure 113 :

Photographie aérienne du marais de Muron en 1945
(Cliché I.G.N. France SO, 1945, 014-8080-21)

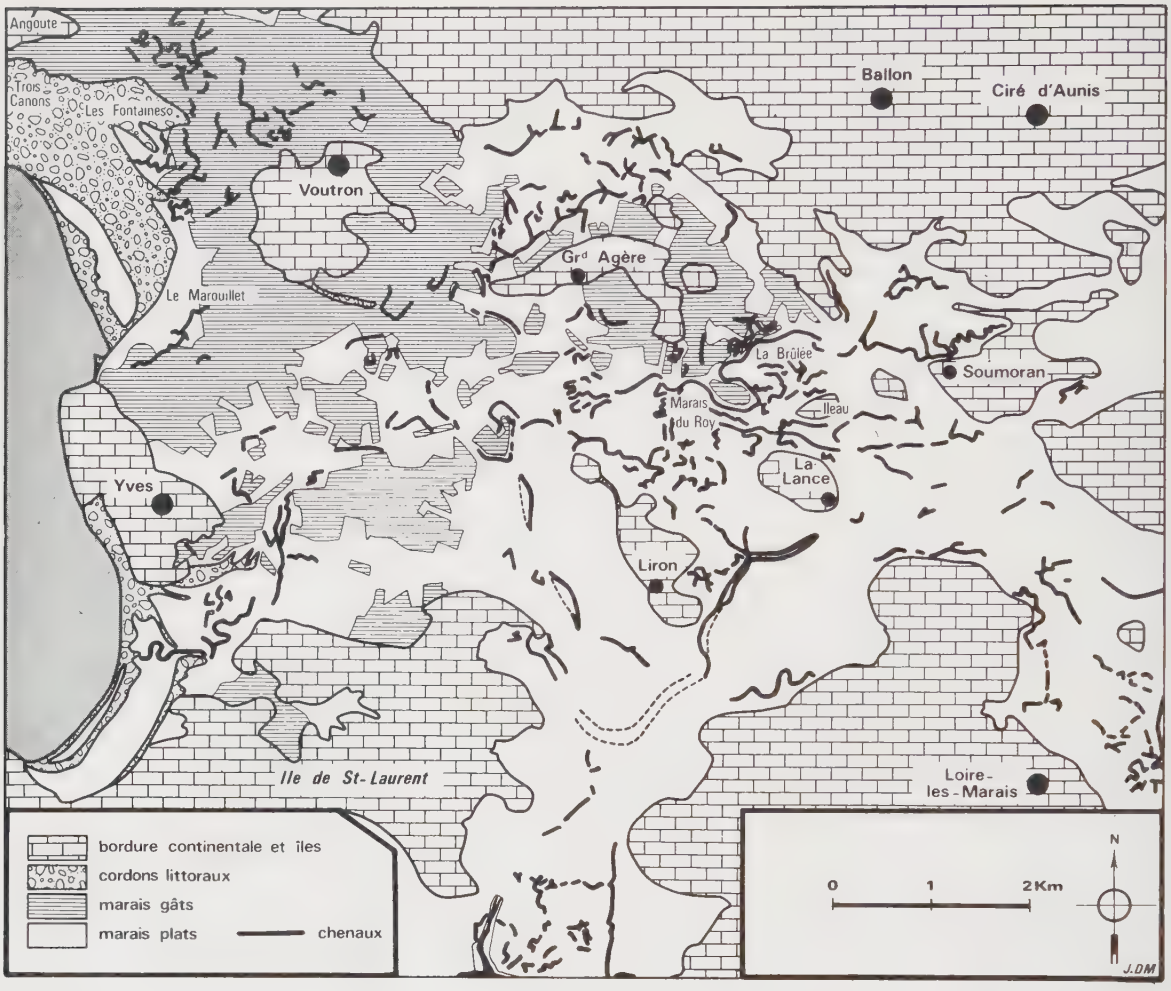


Figure 114

Les chenaux de marée du marais de Voutron

diments, comme dans les chenaux de Saint-Nazaire-sur-Charente (R. REGRAIN, 1971, c).

Ainsi, s'individualise un bassin de Muron-Loiré, drainé par le cours de la Gère-Daurade. Au Sud du Bois d'Arlais, le drainage s'effectue en direction de Rochefort par le canal de la Daurade, lequel suit dans sa plus grande partie l'ancien chenal de la Gère-Daurade.

Les affluents sont rares dans cette partie du marais, et le chenal principal, bien qu'en position abritée, est assez rectiligne (4,5 km pour 3,5 km de parcours direct, rapport 1,28) ; peut-être ce caractère est-il dû à la faible ouverture de ce marais vers le Sud ; entre Tonnay-Charente et Breuil, l'îlot de la Cabane Carrée réduit à 800 m le contact entre la Charente et les marais du bassin oriental de Rochefort. Ce tracé rectiligne d'un chenal près d'un collecteur principal a déjà été observé dans la partie centrale du marais de Brouage. Ce réseau de chenaux peut s'observer sur la photographie aérienne de 1945, nº 014-8080-21 *(Figure 113).*

2) Les types de réseaux dans le marais de Voutron : partie occidentale du marais de Rochefort (figure 114)

Le marais de Voutron est ouvert sur la mer de part et d'autre du Rocher d'Yves et communique avec la Charente par le détroit de Charras : on s'attend donc à identifier trois axes principaux du drainage en fonction de ces trois exutoires. Ce schéma n'est que partiellement réalisé.

La carte dressée à partir des clichés à l'infrarouge permet d'identifier un ensemble de dépressions de part et d'autre de l'île de Liron, que nous désignerons par «chenal de Liron» au Sud et «réseau de la Suze» au Nord. A l'Ouest de Soumoran, le réseau de la Suze, très développé entre Liron et Grand Agère, se poursuit en direction du Rocher d'Yves ; il constituait au XIIème siècle la Besse de Pons Natalis du Cartulaire de Saint-Jean d'Angely (J. DUGUET, 1971, p 262) ou la «Besse du Ponant» d'un texte de 1367 cité supra *(figure 79)*, où le seigneur se réservait le droit de chasser les dauphins (sic !). L'extension des marais gâts au Sud-Est de Voutron suggère que les chenaux situés au Nord de l'île de Grand Agère devaient y déboucher. Le réseau évanescent de chenaux situés entre Voutron et Angoute, pourtant très

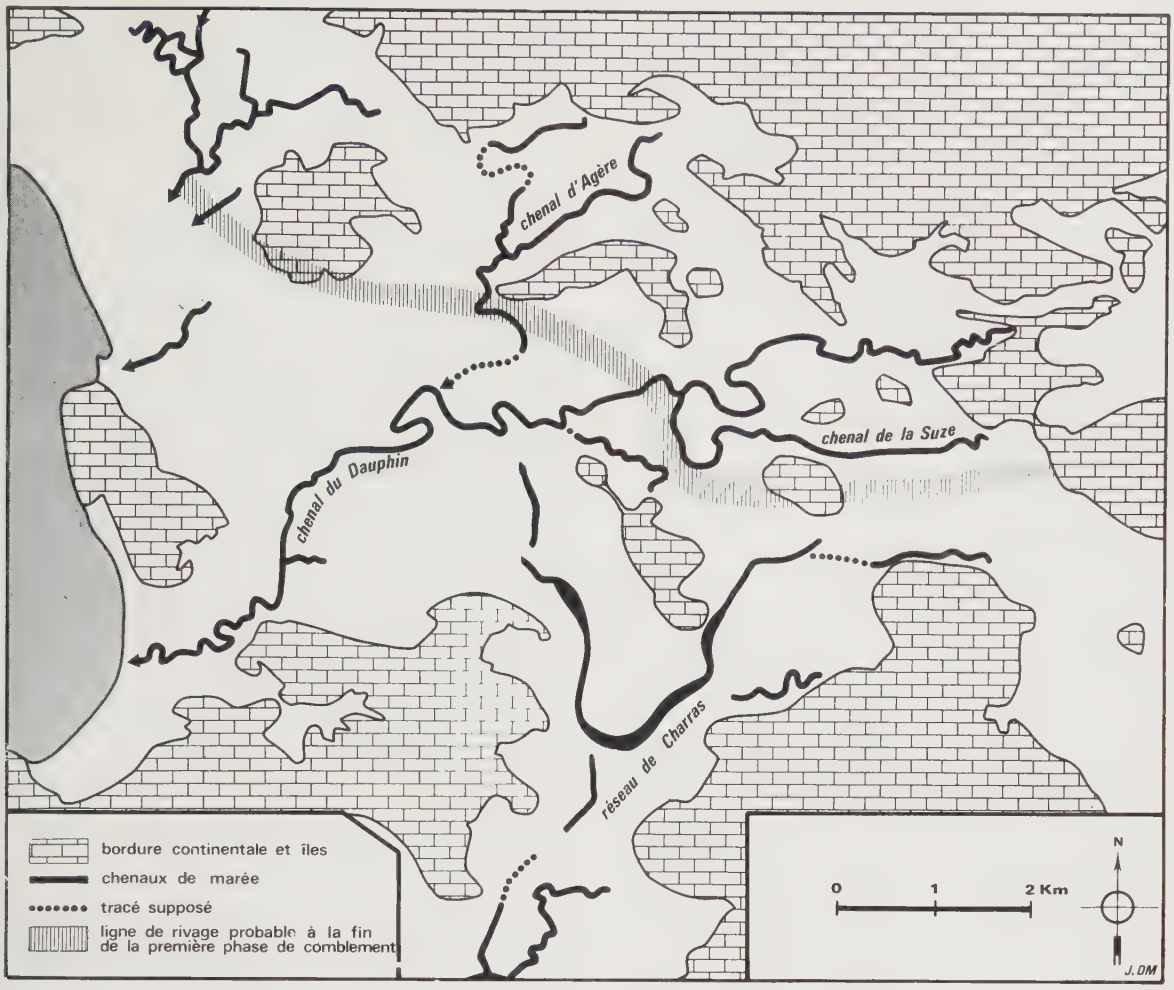


Figure 115

Réseaux de chenaux de marée dans le marais de Voutron

larges au XIVème siècle, * sont aujourd'hui isolés de la mer par les levées de sables et de galets du Marouillet.

a) Le chenal de Liron

Entre Loiré et Liron, une série de rigoles sont recoupées par le canal de Rochefort. Elles forment des chenaux morts, qui disparaissent près de la levée entre Liron et l'île de Breuil-Magné. Ces rigoles sont inscrites dans des dépressions plus larges (30 à 50 m) dont le tracé s'incurve vers le Nord à la latitude de Loiré en même temps qu'il s'élargit ; peu profond (quelques centimètres), cet ancien chenal rappelle la dépression des Mothais, dans le Marais Poitevin (F. VERGER, 1968, p. 369). Son tracé suggère que la pénétration de la mer par le détroit de Charras fut de courte durée, et qu'une sorte de barrage naturel a détourné les eaux de ces marais vers le Nord. Ce barrage pourrait avoir été une accumulation en queue de comète installée en arrière de l'île de Saint-Laurent par les courants de flot contournant cette île par le Nord et le Sud, à une époque où le tracé du littoral était plus à l'Est. Mais la finesse des sédiments oriente vers l'hypothèse d'un wantij, comparable au Gois de Noirmoutier et au détroit du Chapus (J. WELSCH, 1920) qui aurait pu servir à asseoir la digue de Charras, qui limite au Sud de ce marais ; cette levée est un très ancien lieu de passage (C. GABET, in litteris). Après un coude à 90°, ce chenal, recoupé par le canal de Charras, se dirige vers le Nord.

b) Le réseau de la Suze

Il débute près de l'île de Soumoran, à Ciré d'Aunis et se continue pratiquement jusqu'au Sud du Rocher d'Yves ; le cours de la Suze n'est attesté qu'au Nord de l'île de la Lance, le réseau n'est bien individualisé qu'entre Soumoran, la Lance et Agère. A l'Ouest, il se confond avec le chenal du Dauphin et correspond au «laveran d'Agère» du texte du XIVème siècle et à la Besse de Pons Natalis du XIIème siècle. Ce réseau s'organise autour de deux chenaux «vifs», le chenal de la Suze, entre la Lance et l'Ileau, au tracé presque rectiligne, et le chenal des marais de La Brûlée, au tracé très sinueux (indices i compris entre 1 et 2)**. Ces chenaux confluent dans le Marais du Roy, à proximité

* On y percevait en 1375 un péage sur la «néolle» (petit bateau) qui assurait la communication entre Voutron et le Passage, à Thairé (Hommages et aveux de P. de la Jarry et G. de Mareuil au Prince d'Aquitaine, Bibl. Mun. La Rochelle, ms. 38, folio 45, verso).

** (Un méandre de ce dernier chenal enserre l'un des marais gâts les plus orientaux du bassin de Rochefort).

de la Pelle Rouge , région assez déprimée du marais (2,00 à 2,15 m NGF, les régions voisines dépassant 2,10 à 2,30 m). On peut raccorder à ces chenaux principaux, qui ont servi de limite de parcelles (Suze) ou à alimenter un marais salant (Marais Brûlé), une série de chenaux morts au tracé tortueux, ainsi que le chenal qui assure la liaison avec le «réseau de Liron» entre Liron et la Lance.

Le tracé très dissemblable de ces trois éléments du réseau peut-il être mis en relation avec les conditions de leur mise en place ? Les méandres de La Brûlée seraient dûs à la situation abritée en arrière de l'île d'Agère par rapport aux courants de flot venus de l'Ouest-Nord-Ouest ; la Suze, plus rectiligne, présente une orientation à peu près Ouest-Est qui pouvait, certes, être celle des courants de flot et de jusant, mais qui semble davantage avoir été imposée par le bâti rocheux (falaises de la Lance et de Soumoran, grèves de l'Ileau) renforcé par la position synclinale de cette partie du marais. Il ne paraît guère possible que le tracé rectiligne soit en relation avec un ancien cours de la Gère ayant franchi les «cols» encadrant l'île de Soumoran, ou contourné Flay par le Sud, via le chenal des Parpaings (supra p.131) alors qu'un tracé direct vers Rochefort subsiste de nos jours. L'affirmation selon laquelle la Gère débouchait au Sud d'Yves (supra p.180) ne paraît pas avoir correspondu à la réalité.

Dans cette partie occidentale du marais de Rochefort, non seulement la profusion des îles multiplie les conditions d'abri, mais encore leur disposition intervient sur la plus ou moins grande exposition de telle ou telle partie aux courants de marée. Les indécisions de tracé des chenaux entre Agère et le réseau de Charras sont dues à la présence du canal de Charras, qui recoupe une série de dépressions évoquant celles des Verneuils ou des marais Saint-Louis. On peut hésiter entre deux interprétations : un ancien chenal tronçonné ou une série d'interconnexions. Si ces dépressions constituent les vestiges d'un large chenal qui contournait par le Sud et l'Ouest l'île de Liron et débouchait dans le chenal du Dauphin au Nord-Ouest de Liron, ce chenal «banal» dessine un méandre à l'abri de l'île de Saint-Laurent, et devient ensuite rectiligne. S'il s'agit d'interconnexions entre le chenal du Dauphin et le réseau de Charras *(figure 115)* ces deux chenaux ont pu jouer alternativement le rôle de chenal principal de flot et de chenal principal de jusant, comme on l'observe couramment sur les wadden d'Arcachon ou de la Baie de Somme.

Au Nord d'Agère, s'étend un réseau évanescent constitué uniquement de chenaux morts, dans un marais d'où sont exclus les marais gâts. Nombre de confluences se faisant à angle droit, on y reconnaîtra plutôt un réseau de type penné fastigié, caractéristique des hautes slikkes.

Au Nord-Ouest d'Agère, il est curieux de constater que le chenal d'Agère est oblitéré par les anciens marais salants. Comme on a observé que les sauniers les avaient respectés dans le bassin de Brouage, l'explication peut être que les salines de cette région étaient situées en position littorale et pouvaient s'alimenter directement à marée haute. Dans le couloir de marais plats que l'on suit d'Agère à la région du Dauphin, un chenal de marée - le chenal du Dauphin - devait servir à drainer les marais situés plus à l'Est.

En arrière de la côte à chênières du Marouillet, plusieurs axes de drainage, parfois en partie repris dans les exploitations salicoles semblent buter sur le tracé des cordons des Trois Canons ; un tronçon plus oriental contourne le «cap» des Fontaines mais se heurte ensuite au cordon qui porte le Marouillet : la mise en place récente de ce complexe de cordons est ainsi soulignée car ces salines du IXème au XIème siècle n'auraient pu subsister si les chenaux avaient été barrés par les cordons littoraux

Les caractères essentiels des réseaux de chenaux du marais occidental de Rochefort sont donc la discontinuité des tronçons, et l'extrême fractionnement des réseaux. En raison de la présence d'îles et de la progression de cordons littoraux à différentes époques, ainsi que de l'installation des marais salants, la multiplicité des exutoires probables des réseaux de chenaux rend très aléatoire la recherche des conditions dynamiques régnant au moment de la genèse des marais. Toutefois, la carte suggère que les deux formes de réseaux reconstitués pourraient être associées à deux périodes d'alluvionnement, liées à des situations dynamiques variées : des réseaux de type évanescent et anastomosé, au Nord-Est d'une ligne joignant la ferme des Fontaines à Soumoran, par Voutron et la Lance dans des régions assez abritées, et des réseaux réduits à quelques collecteurs beaucoup moins rectilignes au Sud de cette même ligne. Nous retrouverions ainsi le schéma décrit dans le marais de Brouage. La découverte de sites à sel de l'époque préromaine à la périphérie de la zone de marais à chenaux anastomosés peut permettre de dater les chenaux du Nord et de l'Est, du début de notre ère ; les marais aux chenaux rectilignes se seraient mis en place plus récemment.

III - LES CHENAUX DES MARAIS DE LA BASSE CHARENTE (figure 116)

Les chenaux des marais de la Basse Charente présentent deux types de disposition de part et d'autre du méandre de Rhone, en amont de Rochefort : à l'Ouest, on peut y distinguer des réseaux comparables à ceux des autres marais littoraux ; à l'Est, n'existent guère que des tresses de dépressions, parallèles au cours de la Charente.

1) En aval de Rochefort

En aval de Rochefort, les marais de Saint-Laurent-de-la-Prée et de Saint-Nazaire-sur-Charente présentent des réseaux dissymétriques de part et d'autre du lobe convexe du méandre de la Pointe Sans Fin. A l'Est, les chenaux sont assez courts, dirigés vers le fleuve et leur angle de confluence est tourné vers l'amont, soulignant l'importante charge sédimentaire lors du flot. Ces chenaux comportant un ou deux affluents qui les rejoignent avec des angles de 30 à 40°, sont presque rectilignes sur la rive gauche et, très étroits, ils n'ont pas été suivis par l'aménagement : ce sont des chenaux morts. La partie occidentale de la Pointe Sans Fin comporte des chenaux morts plus développés (200 à 400 mètres) et dont le caractère rectiligne s'estompe progressivement vers le Nord. On notera qu'aucun de ces chenaux morts ne se poursuit sur le schorre en avant des digues : ce phénomène aide à comprendre ce qui a pu se passer à l'Est de l'île de Liron, où la continuité du réseau de chenaux est interrompue.

Sur la rive droite, les marais de Saint-Laurent-de-la-Prée sont par contre assez riches en chenaux vifs, comme dans la prise des Penardes ; plus près du fleuve le tracé des fossés s'affranchit davantage des chenaux et des parcelles sont presqu'entièrement inondées en permanence : le réseau de type arborescent, voire penné fasti-

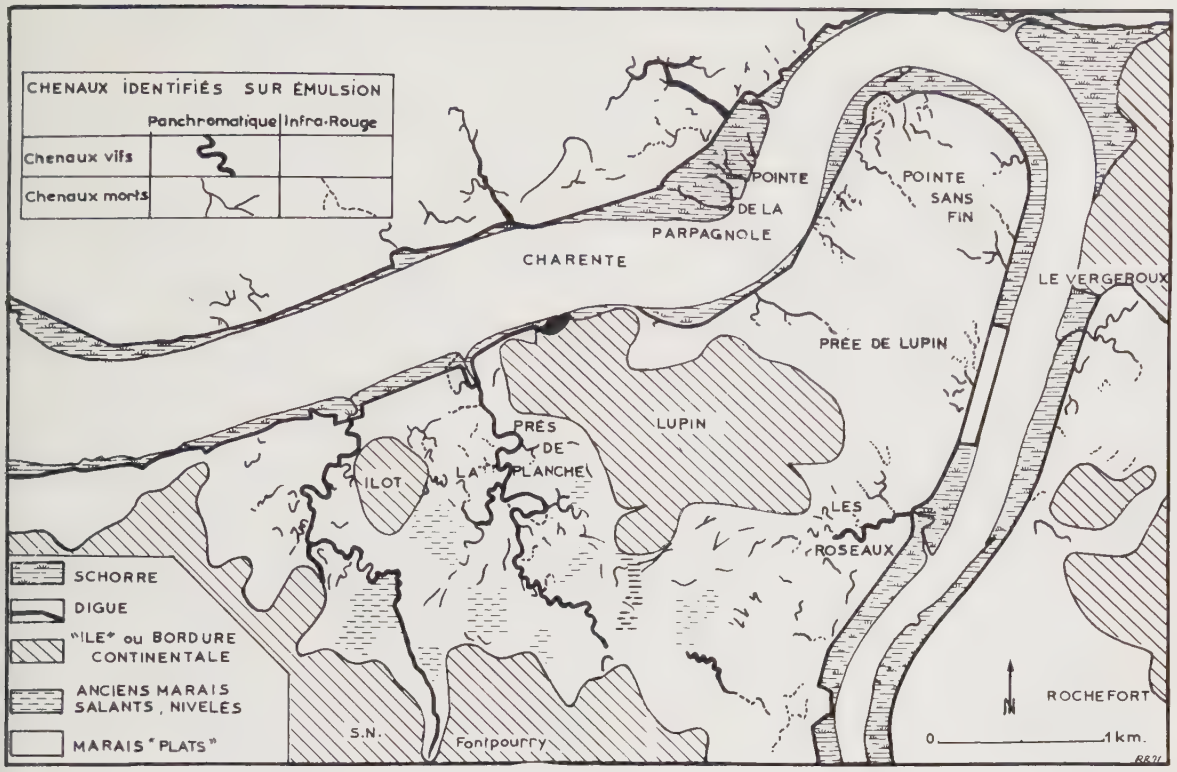


Figure 116 :

Les chenaux de marée de la Basse Charente

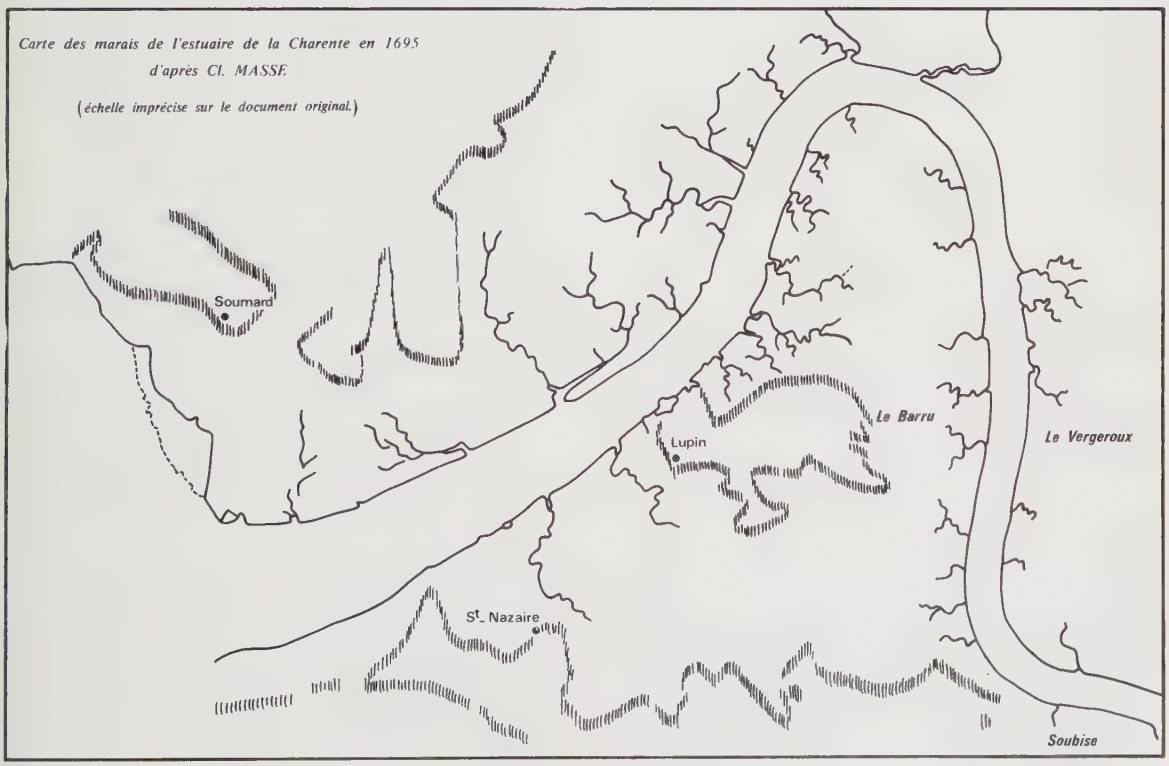
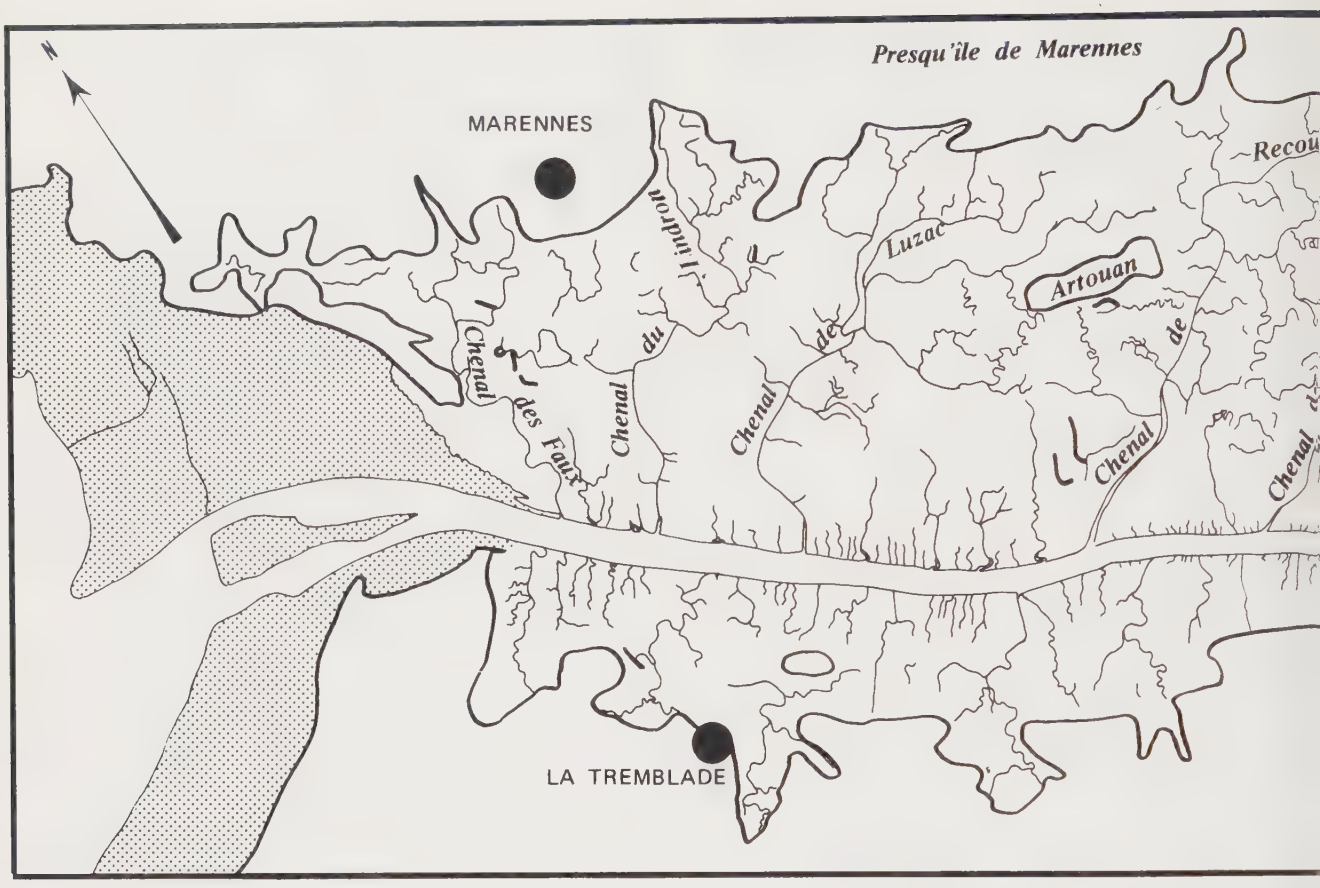


Figure 117

Les chenaux de marée à l'Ouest de Rochefort, en 1695 d'après Cl. MASSE



gié qui draine les Penardes voit son collecteur principal s'élargir à proximité de la digue. A l'Ouest, c'est un chenal pratiquement rectiligne qui descend de Saint-Laurent-de-la-Prée.

Le trait caractéristique de ces réseaux de chenaux est le grand développement latéral de leur cours inférieur variant de 30 à 200 mètres et le tracé rectiligne ou très peu sinueux (R variant de 1,1 à 1,3), qui semble pouvoir être associé à la situation en estuaire.

Le tracé de leurs chenaux permet de formuler des hypothèses quant à la topographie et la genèse des marais. Ainsi, à l'Est comme à l'Ouest, le caractère rectiligne des chenaux peut être mis en relation avec une pente conforme du terrain, et une genèse régulière et rapide. Dans la partie centrale par contre, la présence de collecteurs au tracé parallèle à celui de la Charente suggère que ce secteur a pu se mettre en place par vagues rétrogressives contraires, les collecteurs étant situés dans une zone plus déprimée (F. VERGER,1968, p. 289).

Sur la rive gauche et en direction de Port-des-Barques, le tracé des chenaux est plus dense et plus contrasté : deux chenaux vifs traversent tout le marais, le chenal de Fontpourry à l'Ouest, le chenal de la Planche à l'Est ; ils ont jadis alimenté des marais salants (XVème siècle), alors que des chenaux morts serpentent dans les parcelles de marais plats.

Le grand développement des méandres dans cette partie du marais semble bien dû à la position d'abri en arrière du cap situé à l'Est de Port des Barques et de l'île appelée «l'Ilot» ; sur le chenal des Prés de la Planche par exemple, on observe des méandres en U (indice i compris entre 1 et 2), voire en oméga (i voisin de 1) qui disparaissent dès que le chenal quitte l'abri de l'Ilot. Par contre, la partie amont du chenal de Fontpourry, pourtant bien abritée, est rectiligne, ce fait semble provenir de l'existence de la source de Fontpourry, située à peu près dans l'axe du synclinal de la Basse Charente (R. REGRAIN, 1971, c). Cette source fournit des eaux beaucoup moins chargées en sédiments que celles qui remontent le chenal avec les courants de marée. En appliquant ici la conception d'I. SCHATTNER (1962) pour qui l'aptitude d'une rivière à décrire des méandres est directement proportionnelle à la quantité de charge fine qui lui est fournie, on peut considérer que le tracé rectiligne est dû à cet apport d'eaux continentales ; toutefois, la progression rapide des atterrissements dans cette anfractuosité ne doit pas être négligée.

Une partie des chenaux de marée a été cartographiée par Cl. MASSE sur la «Carte du cours de la rivière de Charente... en l'état que le pays était en 1695», conservée à la Bibliothèque du Génie. Malheureusement, «cette carte est trop courte depuis l'île Madame jusque à Rochefort de six à sept cent thoises» (sic), aussi n'est-il guère possible d'y faire des localisations précises : l'île de Lupin se trouve déformée à l'Est, mais le tracé du rivage du marais vers Saint-Nazaire paraît satisfaisant. Le cours de la Charente est rectiligne au Nord-Est de Lupin, alors qu'il présente de nos jours, une concavité en face de la Pointe de la Parpagnole, qui n'existait pas en 1695. La comparaison des deux cartes (figures 116 et 117) permet d'observer que les chenaux dont on retrouve des traces dans les marais actuels ont été érodés à l'aval. Le tracé des chenaux de la Pointe Sans Fin est inexact, en particulier à l'Est de Lupin. La rive droite est un peu moins mal traitée : on y reconnaît le chenal des Quarante Journaux, le réseau actuel des Penardes, mais beaucoup de tracés ne peuvent être retrouvés.

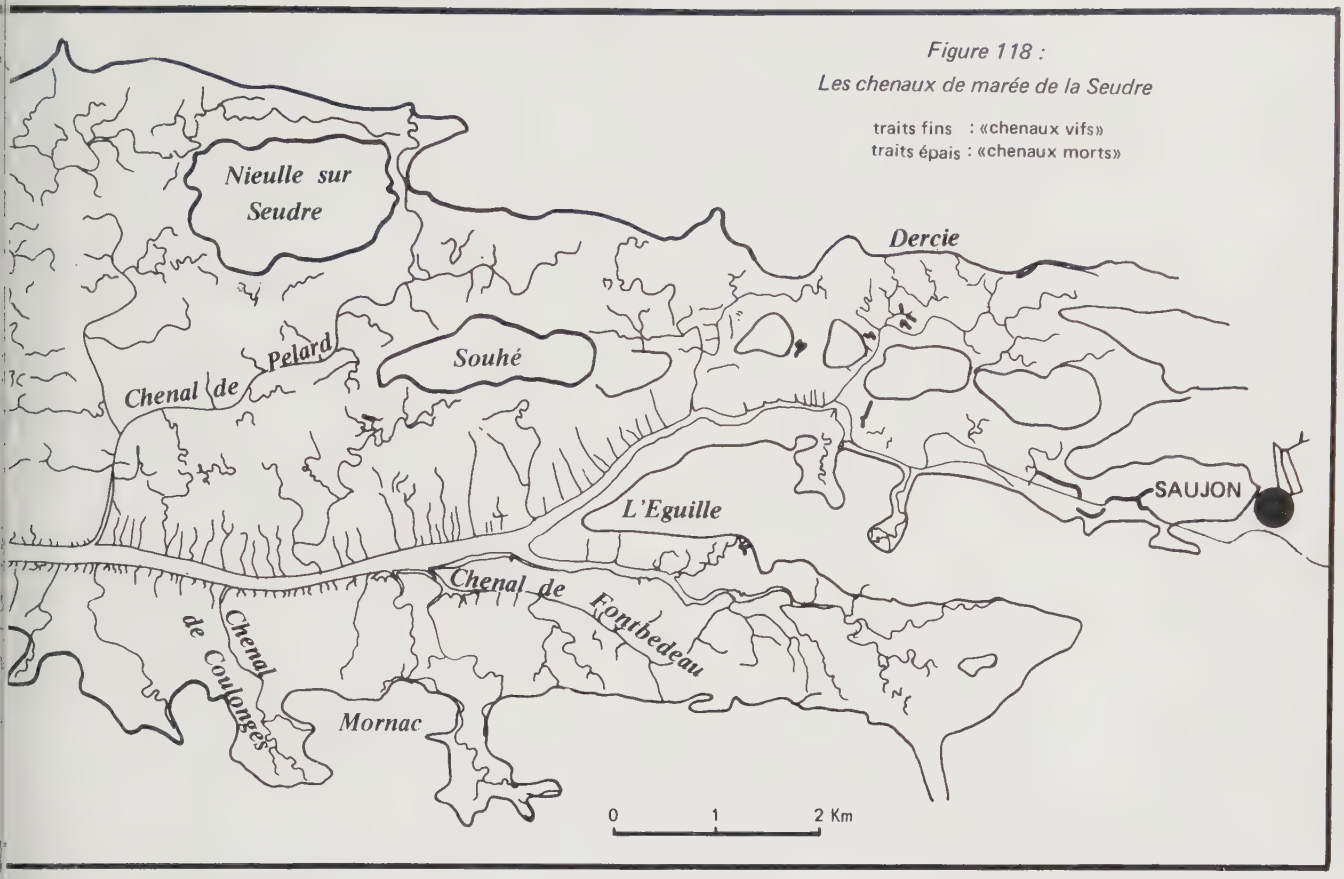


Figure 118 :
Les chenaux de marée de la Seudre

traits fins : «chenaux vifs»
traits épais : «chenaux morts»

Cette carte semble donc utile pour avoir une idée des variations du tracé de la Charente depuis 1695. Elle n'est pas suffisamment précise pour permettre de contrôler le tracé des chenaux de marée que nous avons identifiés, car ces derniers ne semblent pas avoir été levés avec soin.

2) En amont de Rochefort

C'est dans le Pré Communal des Barques et les Prés de la Souris, à Saint-Hippolyte que le tracé des chenaux est le plus original. Point de chenaux vifs, des chenaux «morts» dessinant un lacis de tresses Est-Ouest, en arrière de digues ; il s'agit de chenaux de débordement de la rivière en crue plutôt que de véritables chenaux de marée.

IV - LES CHENAUX DES MARAIS DE LA SEUDRE

Les marais de la Seudre se caractérisent par leur dissymétrie, occupant plus de quatre kilomètres au Nord, un seul au Sud ; les chenaux de marée présentent donc la même dissymétrie. Leur réseau est assez rapidement visible sur les photographies aériennes, même panchromatiques, car il a été conservé aussi bien par les sauniers que par les ostréiculteurs.

1) Les chenaux «vifs»

Sur la carte *(figure 118)*, on peut retrouver trois dispositions fondamentales :

a - Le réseau interne

Il caractérise la bordure des presqu'îles de Marennes et secondairement d'Arvert ; il s'épanouit dans les anfractuosités, la région proche de Saujon comme en arrière du chapelet d'îles qui va de Souhé à Saujon. En dehors de ces positions abritées, il se développe à l'Ouest d'une ligne réunissant Artouan à Mornac, avec des méandres bien venus, dont l'indice i est voisin de 1.

b - Le réseau subparallèle intermédiaire

Le réseau subparallèle est assez peu développé en Seudre, bien que la plupart des grands chenaux du Lindron, de Luzac, de Recoulaine, de Bugée, de Pélard ainsi que, au Sud, les chenaux de Fonbedeau et de Coulonges comportent un à deux kilomètres de tracé rectiligne, qu'une discrète sinuosité interrompt parfois ; les affluents sont très rares dans cette partie intermédaire

c - Le réseau fasciculé de part et d'autre de la Seudre

Sur les rives de la Seudre, la multitude de chenaux de schorre le plus souvent rectilignes, séparant les claires basses, en position frontale, dessine un réseau fasciculé typique. Plus épanouis dans la région orientale, vers l'Eguille où les schorres étaient plus vastes au XIXème siècle, ces chenaux assez courts peuvent témoigner de la progression rapide du colmatage ; sur la haute slikke, ils se terminent par de petits méandres, et semblent se diriger plutôt vers le Sud-Est au Nord, comme les courants de flot en Seudre, plutôt vers le Nord-Ouest au Sud, dans la direction des courants de jusant.

Figure 119 :

Chenaux morts ou noles, dépressions endiguées ou noues au Sud-Ouest de Nieulle sur Seudre

(Cliché I.G.N. FR 760-150 IR no 1332 ; le nord-est en haut)

2) Les chenaux morts

A côté de ces chenaux vifs, conservés par l'aménagement et qui rappellent les chenaux du marais de Brouage, des chenaux morts subsistent dans les rares marais plats de la Seudre ; ils appartiennent à deux types, les chenaux morts banaux et les dépressions d'endiguement. En raison de leur faible développement, ces chenaux ne perturbent pas la régularité de la distribution spatiale des réseaux de chenaux vifs.

a) Les chenaux morts de marais plats, ou «noles» *(figure 119)*.

Très développés dans la région de Saujon ou de Dercie, il s'agit de dépressions contournées ou rectilignes, parfois envahies par la végétation, très comparable à celles que l'on a décrites dans les marais de Brouage ou de Rochefort. Les photographies infrarouge montrent le plus souvent leur continuité avec les chenaux vifs (IGN-FR-760-150-IR 1332). Ils présentent un tracé beaucoup plus contourné que les chenaux vifs et peuvent même dessiner un réseau évanescent de dépressions, comme dans la prise de la Loge au Sud-Ouest de Nieulle sur Seudre.

b) Les dépressions d'endiguement ou «noues»

La plupart de ces chenaux morts banaux se raccordent à des parties de chenaux plus larges, le plus souvent remplies d'eau douce, qu'une vanne sépare du chenal de marée fonctionnel. A Nieulle par exemple, la prise du Port, la prise des Noues, les prises des Longchamps, comportent des dépressions profondes de vingt à trente centimètres, larges de vingt à plus de cinquante mètres qui s'étalent sur plusieurs parcelles. Leur forme et leur situation montrent qu'il s'agit d'anciens chenaux de marée ; ils rappellent les dépressions des Verneuils et du Marais Saint-Louis.

Les chenaux de marée de la Seudre présentent donc les trois aspects caractéristiques déjà observés dans le marais de Brouage : un réseau entéromorphe dans la partie interne, un réseau à structure parallèle dans la partie intermédiaire et un réseau fasciculé sur le schorre bordant la Seudre. A côté de ces dispositions communes à tous les Marais Charentais, on a distingué des chenaux morts d'un type particulier, vestiges de chenaux assez développés, utilisés comme réserve d'eaux douces.

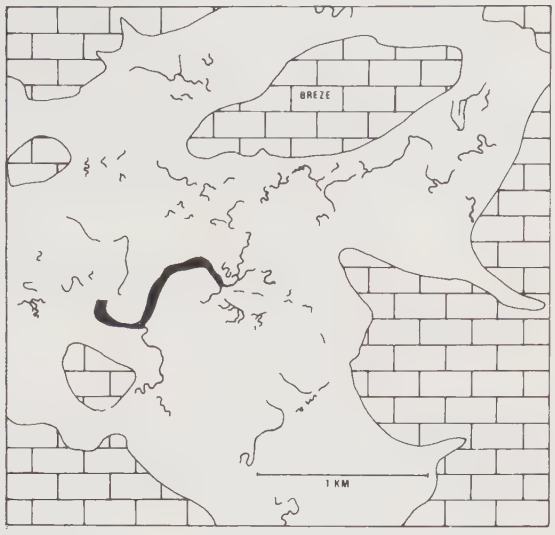


Figure 120 :

Traces de chenaux dans le marais au Sud de Brèze
(Partie du marais de Saint-Augustin)

V - LES CHENAUX DES MARAIS DE SAINT-AUGUSTIN

Ces marais, dont une partie semble avoir été occupée par des marais salants, ont été réaménagés à plusieurs reprises et récemment nivelés et remembrés. Il est donc pratiquement impossible d'y reconstituer un réseau naturel de chenaux de marée. Les rares indices de chenaux morts sont très dispersés, entéromorphes ou évanescents ; un chenal central, dirigé vers l'Ouest s'esquisse dans la partie centrale *(figure 120)* ; il s'agit sans doute du chenal principal de cette lagune dont un texte du XIVème siècle (cf. p. 87) assure qu'elle fut rapidement comblée par les sables.

L'étude régionale des anciens chenaux de marée dans les Marais Charentais réalisée à partir des clichés infrarouges, a donc montré trois dispositions principales qui ont pu être associées à des phases de comblement. Mais les exemples du marais de Saint-Augustin et de la Seudre suggèrent que les types d'aménagement humain sont une condition importante de permanence de ces chenaux ; l'étude de la dynamique spatiale du colmatage des marais n'est donc possible qu'au travers des formes d'aménagement.

Ces réseaux de chenaux, entre lesquels les interconnexions sûres ne sont pas très nombreuses, peuvent sans doute être comparés à des réseaux fluviatiles, sans perdre de vue que dans leur état fonctionnel, l'eau les parcourt aussi bien dans un sens que dans l'autre sens. Leurs formes sont sans doute en rapport avec la charge solide des eaux ou encore avec des conditions générales, plus ou moins abrités de l'agitation du large ; c'est donc à la reconstitution des conditions probables de genèse de ces réseaux qu'il faut maintenant procéder.

Trois dispositions spatiales peuvent être distinguées, qui correspondent à trois unités spatio-temporelles :

- une partie continentale, dans les sites abrités, marquée par des chenaux à méandres très développés,

- une partie moyenne, marquée par de grands chenaux rectilignes, recevant peu d'affluents, et confluant à angle droit avec le chenal principal (Havre de Brouage, Seudre),

- une partie externe, littorale ou en bordure du chenal principal subsistant, marquée par de courts chenaux rectilignes, dessinant un ou des méandres près de la limite slikke-schorre.

Les limites de ces unités coïncident approximativement avec les limites des unités spatio-temporelles de prises de marais salants : le rôle des formes d'aménagement dans la conservation des réseaux de chenaux de marée, ne peut donc être négligé ; la persistance de chenaux morts dans les zones couvertes de marais salants prouve que la genèse de ces chenaux s'est effectuée indépendamment de l'activité humaine, à une époque où les techniques d'aménagement composaient avec les contraintes naturelles. Sauf pour les chenaux proches du Havre de Brouage (dont le tracé peut être mis en rapport avec le barrage du Havre par les bateaux rochelais coulés), on considèrera donc que les réseaux de chenaux de marée des Marais Charentais témoignent des phénomènes naturels régissant les conditions dynamiques de colmatage des marais.

C - SIGNIFICATION GÉODYNAMIQUE DES RÉSEAUX DE CHENAUX DE MARÉE

Les réseaux de chenaux de marée peuvent, comme les réseaux fluviaux, être étudiés selon les méthodes morphométriques ; ces dernières, ainsi que l'analyse de certaines irrégularités dans le tracé permettront de reconstituer la dynamique du colmatage des Marais Charentais. On pourra ensuite vérifier ces conclusions par l'étude altimétrique des marais.

I - MORPHOMÉTRIE DES RÉSEAUX DE CHENAUX

Les réseaux de drainage font le plus souvent l'objet d'étude morphométrique : chaque élément est affecté d'un indice chiffré (R.E. HORTON, 1945 - A.N. STRAHLER, 1952) ; on s'efforce ensuite de retrouver le sens des variations de ces indices, les rapports entre ces indices et les roches du bassin versant (P. PINCHEMEL, 1957) ou plus généralement avec des faits de structure (J.J. NAUDIN, R. PRUD'HOMME, 1971) ; l'utilisation de calculateurs et d'instruments mathématiques issus de la théorie des graphes peut permettre le traitement automatique de ces relations (V. GARDINER, 1975).

1) L'hypothèse sédimentologique.

F. VERGER (1968, p. 257) avait montré que dans les vases, l'indice de rang des drains *(figure 121)* atteignait plus de trois sur les slikkes, et restait inférieur à cette valeur dans les wadden sableux ; cette intéressante tentative n'avait pas été étendue aux schorres et aux marais. Cette méthode de classification hiérarchique mettrait donc sur la voie de différenciations sédimentologiques.

La comparaison des réseaux de chenaux de marée avec les réseaux fluviatiles prend tout son sens lorsque les interconnexions sont rares, ce qui est le plus souvent le cas dans les marais de Brouage et de Rochefort. Le fait que les artères les plus menues du drainage aient été le plus souvent oblitérées, rend délicate l'utilisation de la classification de R.E. HORTON qui leur donne l'indice 1 ; ce problème étant du même genre que celui des affluents à drainage temporaire dans les réseaux fluviatiles, on se rangera à l'opinion de J.J. NAUDIN et R. PRUD'HOMME (1971, p. 121) reprenant une idée de R.L. SHREVE (1967) et A.E. SCHEIDEGGER (1967) selon laquelle il est possible, sans dommage pour le résultat final, «d'éliminer les affluents de premier ordre souvent trop directement liés à la précision cartographique du document analysé». Il semble en effet préférable d'utiliser la numération schématisée sur *la figure 121* en partie inspirée de S.A. SCHUMM (1954). Avec ces conventions, le Havre de Brouage atteint la «magnitude» 6 et la Seudre la magnitude 5 ; ceci confirme l'hypothèse de départ sur le niveau élevé de classement atteint par les chenaux principaux dans les marais formés de sédiments fins.

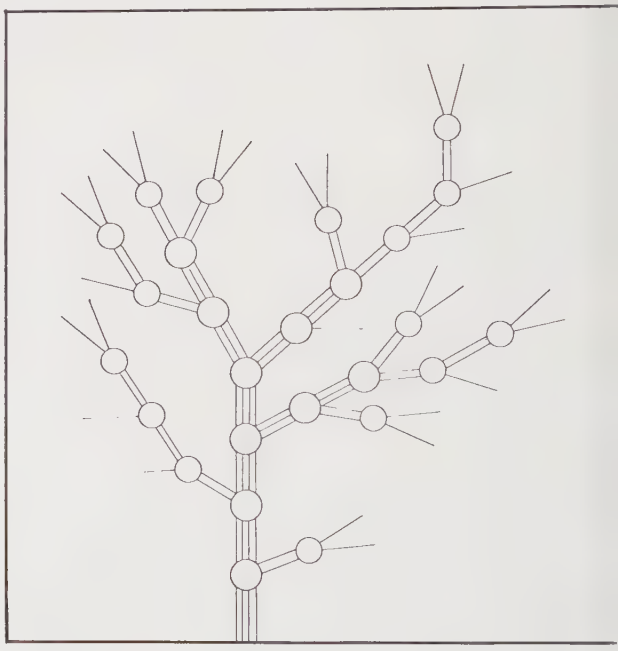


Figure 121

Détermination du rang des drains, dans un réseau hydrographique hiérarchisé.

Les drains de premier rang sont représentés en trait simple, ceux de second rang en trait double, ceux de troisième rang en trait triple, etc.

(extrait de F. VERGER, 1968, p. 257)

Dans les régions où les interconnexions existent, comme les marais d'Arceau et de la Perrotine, en l'île d'Oléron *(figure 122)*, elles risquent de créer une indécision. Cependant, le chenal venu de Sauzelle, atteint la magnitude 3 avant l'interconnexion, la conserve jusqu'à son débouché sur la mer, qu'il soit prolongé par le chenal d'Arceau au sud ou par le chenal de La Perrotine au Nord . Cette faible valeur pourrait suggérer que le bri de ces régions est plus riche en sables que celui du marais de Brouage ; cependant les chenaux de la Seudre où les sédiments fins dominent, dépassent rarement cette valeur (2 pour le chenal de Bugée, 3 pour les chenaux des Faux, de Luzac, de Fontbedeau et la Seudre en amont de l'Eguille), seule la Seudre atteignant les magni-

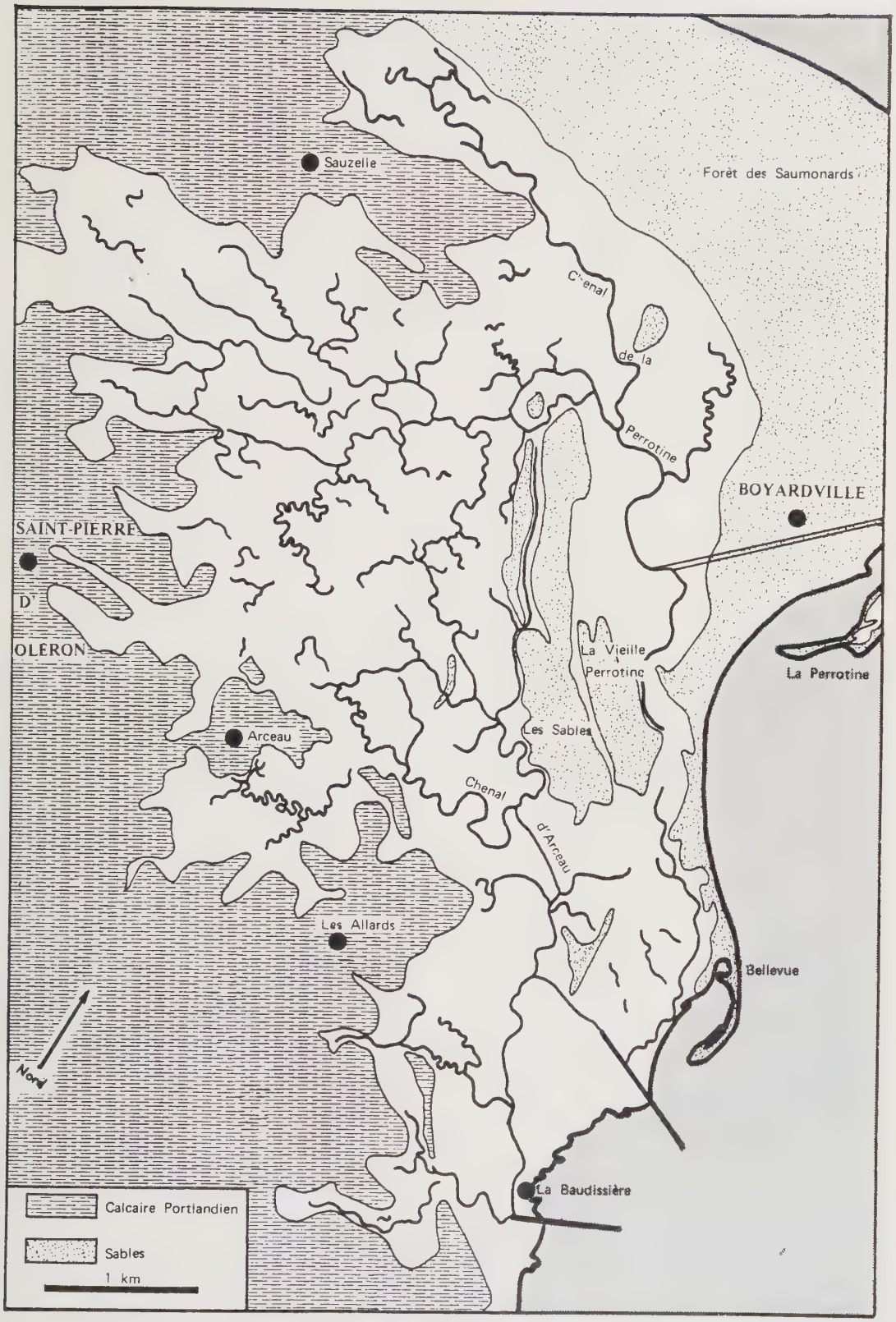


Figure 122

Chenaux de marée dans les marais d'Arceau et de la Perrotine (Oléron)

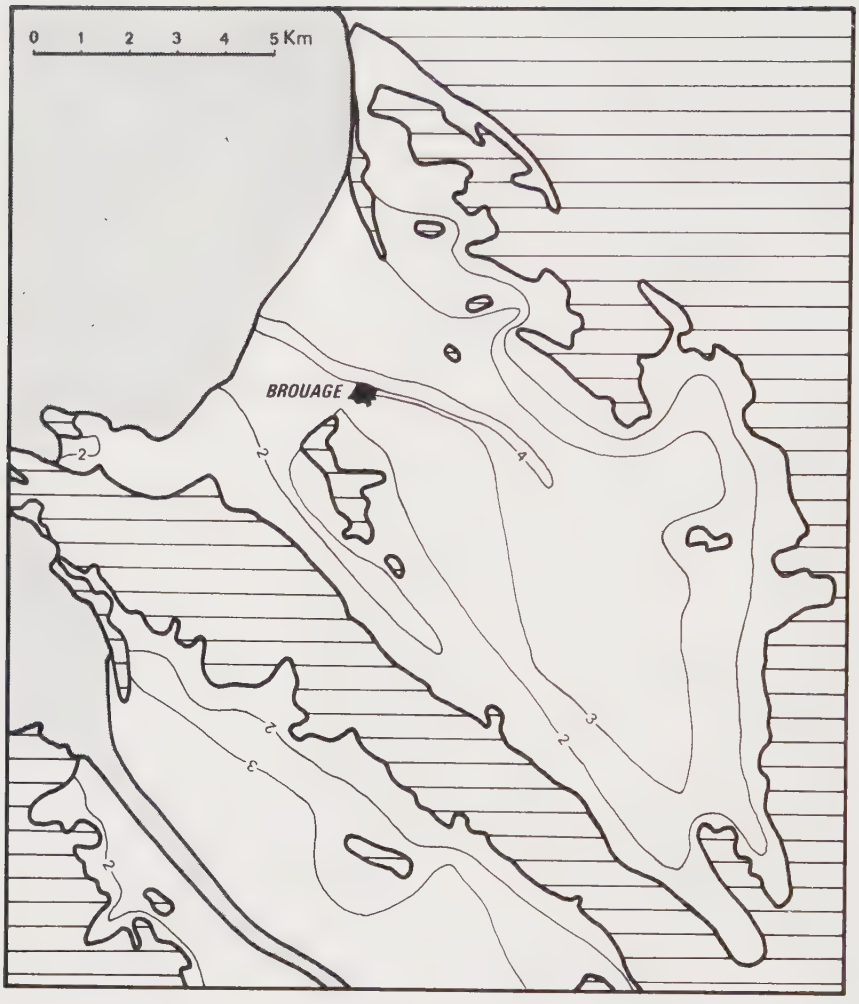


Figure 123

Lignes de changement de magnitude des chenaux du marais de Brouage

tudes 4 et 5) : on peut voir là un effet de la dimension de la dépression que les sédiments ont comblée. L'hypothèse sédimentologique, si elle s'applique bien au marais de Brouage ne saurait donc convenir à toutes les situations. Dans le bassin de l'Amazone par exemple, R.K. HOLTZ et coll. (1978) associent les sinuosités assez peu développées du Japura et du Solimoes à la finesse du sédiment des vallées, mais font remarquer que la végétation intervient dans une mesure difficile à évaluer.

2) L'hypothèse structurale

Il importe enfin de vérifier si, sous le prisme alluvial des marais, le réseau des chenaux ne serait pas déterminé par une sollicitation structurale. *La figure 123,* établie en joignant les confluents associés à un changement de magnitude ne suggère pas de liaison évidente avec les données structurales telles que les linéaments ou la géologie l'ont montré ; toutefois, J.J. NAUDIN et R. PRUD'HOMME (1971, p. 123) ayant remarqué que «dans bien des cas, c'est sous un revêtement alluvionnaire quelquefois épais, que les structures enfouies qui guident les cours des vallées pourront être évoquées», on pourrait penser que l'épanouissement de l'aire définie par la courbe de magnitude 3 dans la partie centrale du marais de Brouage soit en relation avec une surélévation locale du bombement anticlinal : des levés géophysiques seraient nécessaires pour vérifier cette hypothèse.

Si le contrôle structural des réseaux de chenaux est possible aux échelles inférieures à 1/100 000, il semble qu'il soit moins net aux plus grandes échelles : à 1/25 000 ou à 1/10 000, ce sont davantage les irrégularités de tracé qui apparaissent.

II - LES IRRÉGULARITÉS DU TRACÉ ET LEUR ORIGINE.

Les trois types régionaux de chenaux correspondent à trois dispositions élémentaires : les chenaux à méandres (réseau entéromorphe), les chenaux rectilignes dans l'ensemble, comportant une ou deux modestes sinuosités, les chenaux courts et rectilignes.

1) Les chenaux à méandres

La présence de méandres sur les axes de drainage a donné lieu à une floraison d'études morphométriques voire géomorphologiques : on s'efforce de décrire la forme et la disposition des méandres, et de rechercher les origines possibles de ce phénomène.

* Les linéaments extraits des images de satellite confortent cette hypothèse.

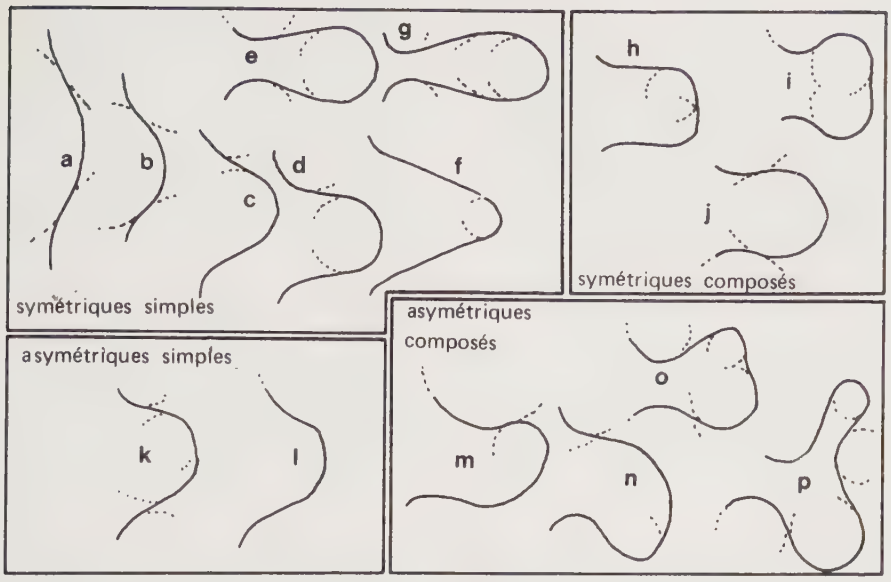


Figure 124

Types de méandres,
extrait de BRICE, 1974, p. 581

Depuis les études classiques de A. VACHER (1909), de H. BAULIG (1948), M. PARDE (1954), L.B. LÉOPOLD (1964), des travaux récents ont visé à décrire le plus précisément la forme des méandres (R.J. FERGUSON 1973 a, b ; 1976 ; 1977).

J.C. BRICE (1974) établit une typologie des méandres *(figure 124)*, caractérisée par le rapport entre leur longueur et la corde qui joint leurs points de contact avec les méandres encadrants : dans les méandres «simples», ce rapport ne dépasse pas 7 (La Paillerie, à Brouage) ; dans les méandres dissymétriques, le sens d'écoulement n'influe guère ; les méandres composés résultent de la juxtaposition d'arcs de cercles de rayons différents.

Il établit, d'après 125 lits fluviaux, la tendance des méandres simples à augmenter leur amplitude, mais n'envisage pas les implications géomorphologiques de cette évolution. Dans le cas du marais de Brouage, les types de méandres les plus représentés sont les méandres symétriques composés, les plus banaux selon J.C. BRICE, *(H de la figure 124)*, mais aussi les méandres symétriques simples plus ou moins évolués en périphérie de la partie interne ; les méandres asymétriques composés sont assez rares.

La répartition de ces types ne suggère aucune analogie avec le cadre topographique ; cependant les méandres symétriques bien arrondis (méandres en oméga dont l'indice i est supérieur à 2) ne se développent qu'en aval d'un certain «bassin versant» supérieur à celui des méandres symétriques simples : il pourrait donc exister un rapport entre la dimension du «bassin versant», par l'intermédiaire du débit au jusant et le tracé des chenaux de marée. Dans les systèmes fluviatiles, la longueur d'onde des méandres a été étudiée par INGLIS, cité par M. BORDAS (1963), ainsi que par S.A. SCHUMM (1967, p. 1549) : ces auteurs établissent une relation avec le débit liquide et le débit solide ; I. SCHATTNER (1962) note des relations comparables sur la vallée du Jourdain, alors que A.D. HOWARD (1967) associe ces accidents de tracé à des faits tectoniques. Pour les méandres des Marais Charentais, leur répartition suggère une influence de la charge sédimentaire en éléments très fins.

Selon les données de S.A. SCHUMM (1967, p. 1549) des méandres de 2 à 300 mètres de longueur d'onde seraient créés par des débits liquides d'environ 30 m^3/s charriant 1,5 m^3/s de sédiments ; les méandres de la partie interne des marais de Brouage et de la Seudre ont une longueur d'onde inférieure à 200/300 m lorsqu'ils sont symétriques, qui passe à 800 m - 1 km vers l'aval lorsque les méandres deviennent plus arrondis («symétriques composés» de J.C. BRICE) ; dans ce cas, selon l'abaque de S.A. SCHUMM, pour les rivières chargées de sédiments fins, les débits seraient de l'ordre de 300 m^3/s d'eau et d'environ 40 m^3/s de charge solide.

Les sinuosités à peine esquissées à l'aval de ces méandres s'expliquent sans doute par l'intervention d'un autre facteur, qui perturbe le système méandre/débit liquide/débit solide. Ce facteur supplémentaire pourrait être une plus forte agitation, due à une situation moins abritée.

On interprètera donc les formes principales du tracé de chenaux de marée comme provenant de systèmes d'actions et de rétro-actions : dans les chenaux, la teneur en suspension est assez forte, aussi bien lors du flot qui remet en suspension les vases du fond et des berges, que lors du jusant qui réexporte éventuellement, en plus, des éléments issus des surfaces planes du schorre. Dans la partie «amont», la plus abritée, les dépôts sont plus fréquents ; les variations instantanées du rapport débit/charge sont à l'origine de méandres de faible longueur d'onde, mais dont l'amplitude peut se développer rapidement. Dans une partie intermédiaire correspondant aux méandres plus arrondis, un débit liquide plus important, une situation moins abritée entraînant une sédimentation modeste peut faire évoluer la sinuosité comme dans un méandre fluviatile, creusant sa rive externe, concave. Le fait que le drainage soit alternativement orienté dans un sens puis dans l'autre entraîne l'élargissement de la boucle du méandre, jusqu'à un tracé presque circulaire (région de Broue, Cabane du Sillon, etc...).

2) Les chenaux (presque) rectilignes

Dans cet ordre d'idées, le tracé rectiligne des chenaux de marée peut s'interpréter comme la conséquence d'une plus faible charge solide : I. SCHATTNER a noté ce fait, et on a pu en voir une démonstration à Saint-Nazaire sur Charente (R. REGRAIN, 1971, c). Cette explication peut être valable pour les chenaux proches du continent, qui fournit des eaux douces non turbides. Le tracé rectiligne peut donc provenir soit d'une baisse du niveau marin, diminuant le débit en accélérant la vitesse des courants, soit de l'action humaine. Ce changement du niveau marin aurait pris place à une époque récente, car ces tronçons rectilignes ne caractérisent que les parties centrales du marais de Brouage et secondairement la Seudre ; d'autre part, il devrait pouvoir se vérifier par les nivellements topographiques ; enfin, survenant à l'époque historique, il aurait pu frapper les observateurs attentifs dans cette région où la terre s'inscrit en continuité de l'espace liquide. Aucun témoignage de ces faits n'apparaissant dans la documentation écrite, de tels chenaux rectilignes correspondent sans doute aux schorres en progression rapide observés par F. VERGER (1968, p. 297) ; un tel processus sédimentaire a pu, par la suite, favoriser l'installation de marais salants. Ces chenaux présentent quelques déviations mineures de tracé, qui auraient pu donner naissance à des méandres symétriques simples *(type A. de BRICE, figure 124)* si les marais salants ne les avaient serrés d'assez près : il semble donc que la tendance «naturelle» des chenaux à décrire des méandres ait été contrariée.

Enfin, les courts tronçons rectilignes qui interrompent les anciennes sartières près du Havre de Brouage comme près de la Seudre correspondent à d'anciens chenaux de haute slikke, progressivement encaissés, perpendiculaires au chenal principal et présentant «le plus souvent juste avant leur confluence une série de quelques méandres très accusés qui évoluent presqu'exclusivement avec le jusant» (F. VERGER, 1968, p. 260).

Ainsi, les techniques de la morphométrie plane des chenaux de marée autorisent à rechercher principalement dans les variations possibles du rapport débit/charge les raisons du plus ou moins grand développement des méandres sur ces chenaux ; elles suggèrent que les changements de valeur de la charge sédimentaire, liés aux conditions régionales d'abri, en sont les facteurs principaux.

Mais dans ce système de forces et de formes à l'origine de ces chenaux, les niveaux atteints par la marée, la nature des sédiments qu'elle dépose interviennent aussi. Ce sera le thème des chapitres suivants.

Les photographies aériennes ont été considérées comme une banque de données sur les Marais Charentais, et non pas comme l'illustration pertinente d'un discours pré-établi. Elles ont permis de mettre en évidence, au-delà des formes d'aménagement, les réseaux des chenaux de marée existants sur le schorre avant l'endiguement. Selon les types d'aménagement, agricole ou ostréicole, l'occupation du sol dominante depuis l'endiguement (prairies ou labours), ces chenaux sont plus ou moins bien conservés. Les données provenant de missions photographiques à différentes échelles, exécutées dans des conditions climatiques variées, avec des émulsions panchromatiques ou sensibles à l'infrarouge, ont permis de retrouver les principaux axes des réseaux de chenaux de marée, même dans leurs ramifications les plus «continentales», subsistant sous forme de nuances dans le tapis végétal.

L'étude régionale des réseaux de chenaux a montré l'existence de trois grands types de formes de réseaux. Les réseaux à chenaux décrivant de nombreux méandres caractérisent les parties continentales, abritées, des marais de la Seudre, de Brouage et même de Rochefort. Les chenaux au tracé moins contourné comportant assez peu d'affluents leur font suite dans la partie centrale des marais de la Seudre et de Brouage ; on en retrouve des éléments çà et là dans le marais de Rochefort, où les sinuosités évoluent jusqu'à de véritables méandres. Enfin, sur les rives des chenaux principaux de la Seudre et de Brouage, de courts chenaux rectilignes, confluant orthogonalement marquent la phase la plus récente du comblement.

En Seudre comme à Brouage et secondairement à Rochefort, ces trois réseaux s'organisent en trois ensembles spatiaux, évoquant une mise en place au cours de phases de remblaiement caractérisées par trois valeurs de l'équilibre mobile entre la quantité des matériaux à déposer et l'énergie du fluide transporteur.Ils témoignent d'indices d'une possible variation dans l'équilibre des formes et des forces agissant dans le prisme littoral : changements importants du tracé du littoral, de la quantité de bri à déposer, voire variations de l'énergie des marées, due par exemple à l'effet des endiguements ou à une modification du niveau des pleines mers, sinon du niveau moyen de la mer.

Des causes locales ont pu intervenir pour expliquer ces trois formes des réseaux de chenaux. L'étude du degré de magnitude des confluences ne montre pas d'influence nette du cadre structural, et suggèrerait plutôt une origine sédimentologique. La comparaison avec les réseaux de chenaux actuellement observables sur les slikkes et les schorres de la façade atlantique de la France ainsi qu'avec divers réseaux fluviatiles montre que les variations instantanées du rapport débit/charge contribuent à expliquer le tracé des anciens chenaux de marée tels qu'on les observe dans les Marais Charentais.

On peut donc avancer les hypothèses suivantes : lors d'une première phase, l'abondance des matériaux déposés dans des endroits abrités est à l'origine du réseau «en dentelles» des chenaux de marée ; lors d'une seconde phase, dans une ambiance un peu plus agitée (et peut-être lors d'une élévation du niveau des pleines mers ?), se mettent en place de longs chenaux, sinueux à presque rectilignes, alors que les interfluves se couvrent de prises de marais plus vastes qu'à la période précédente. Enfin, à l'époque contemporaine (depuis le XVIIème siècle), les rives des chenaux résiduels sont entaillées par de courts chenaux rectilignes dont la Seudre donne l'image la plus achevée : l'étroitesse du schorre, enserré de digues, empêche ces chenaux de se développer normalement.

Si ces variations du rapport débit/charge sont bien à l'origine du développement des méandres, certaines de ces variations peuvent provenir de changements dans l'énergie des courants de flot et de jusant et/ou dans le stock sédimentaire mobilisable. Les altitudes des marais et les caractéristiques du sédiment, le bri, devraient avoir enregistré quelques traces de ces événements : c'est donc à leur étude qu'il faut procéder.

II. LES METHODES CONTEMPORAINES D'ETUDE DES MARAIS MARITIMES

2. Altimétrie de précision

L'ALTITUDE DES MARAIS CHARENTAIS

A l'heure où les voyages interplanétaires retiennent l'attention par leur aspect à la fois spectaculaire et hautement scientifique, il peut paraître paradoxal de vouloir mesurer l'altitude et les dénivelées des marais maritimes, espaces dont l'altitude nulle s'inscrit sensiblement dans le prolongement de l'espace liquide. Il n'y a pourtant guère matière à paradoxe, car quelques centimètres suffisent pour qu'un sol soit inondé ou non, qu'il conserve des eaux stagnantes tard dans le printemps et ne soit que difficilement cultivable, qu'il soit plus hydromorphe et moins évolué. C'est donc par une connaissance plus précise des altitudes et de la géomorphologie des régions basses que l'homme pourra «maîtriser» le milieu naturel : recherche fondamentale comme recherche appliquée réclament la connaissance des altitudes des marais littoraux comme de leurs aptitudes pédologiques ou biologiques.

I - SOURCES ET MÉTHODOLOGIES

Pour la recherche fondamentale, la connaissance des altitudes permet de compléter, à un niveau taxonomique différent, les remarquables cartes topographiques de l'Institut Géographique National. On peut alors tenter de fournir des cartes à 1/10000, avec courbes de niveau équidistantes de 0,1 m. S'agissant de terrains déposés par la mer, on peut mettre en relation les altitudes ainsi déterminées avec d'éventuelles variations des cotes atteintes localement par la marée : la confrontation de ces variations avec des causes locales (influence de la forme du bassin), régionales (mouvements tectoniques de faible ampleur et d'origines variées) ou générales (oscillations du niveau général des mers) constitue un thème digne d'attention.

Pour une telle étude, il est nécessaire non seulement de tenter une monographie très précise, mais aussi d'enrichir la démarche par la connaissance d'autres milieux comparables ; s'il est dans la vocation de la géographie générale d'affirmer que «l'étude... d'un phénomène suppose la préoccupation constante de phénomènes analogues qui peuvent se montrer en d'autres points du globe», une monographie ne peut se concevoir sans comparaisons. Dans notre domaine, la thèse de F. VERGER (1968) représente un guide pour les marais français et le Laboratoire de Géomorphologie de l'Ecole Pratique des Hautes Etudes fournit un accès commode à la documentation concernant les marais étrangers. Toutefois on doit noter que dans le cadre national, les marais littoraux, espaces assez mal connus et dont la haute valeur agricole nécessite de forts investissements, retiennent peu l'attention. Cela peut provenir de la faible pression démographique, à l'inverse de ce qui se passe en Allemagne et au Danemark, sans parler des Pays-Bas où ils représentent l'essentiel du territoire national. Les études des Laboratoires de Wageningen entre autres, représentent une source de références, de comparaison et de méthodes de travail qu'on ne peut ignorer.

A l'exemple de ce qui se fait hors de nos frontières on peut envisager un nouvel aménagement des marais littoraux charentais. Les avant-projets sont nombreux : élevage intensif, «maïsiculture», conchyliculture ou aquaculture, etc... Ils supposent tous résolu le problème de la maîtrise des plans d'eau et si une première étape a vu la mise en place des principaux ouvrages de captage et d'amenée des eaux douces en été, en même temps que la rénovation du réseau d'évacuation des eaux d'hiver, le temps viendra où une connaissance précise des altitudes du terrain sera nécessaire. Dès lors la documentation concernant un problème qui relève actuellement - ou a pu relever essentiellement aux yeux de certains - de la recherche fondamentale, pourra constituer une source de données utilisables pour l'aménagement et intéressera de ce fait la recherche appliquée, justifiant ainsi la position de J. TRICART : la différence entre recherche fondamentale et recherche appliquée est essentiellement un fait politique, donc conjoncturel et non un phénomène structurel, permanent.

I - LES COTES PORTÉES SUR LES CARTES.

Les cotes portées sur les cartes courantes (de l'Institut Géographique National), carte à 1/80000 ou carte d'Etat Major, ou cartes à 1/50000 ou à 1/25000, sont généralement en nombre assez restreint. Dans le cas du marais de Brouage, H. ENJALBERT (1960) et F. VERGER (1968) sont arrivés à des conclusions différentes, l'un disposant de 55 cotes portées sur les minutes à 1/40000, raccordées au nivellement Bourdalouë, l'autre de plus de 500 cotes issues des minutes ayant servi pour la carte à 1/25000, cotes appuyées sur le réseau du Nivellement Général de la France.

Les cartes à 1/80000 de cette région ont été levées en 1850 ; la feuille de Saintes a été révisée en 1899, celle de La Rochelle en 1938. Ces cartes en hachures ont été établies à partir de minutes en courbes de niveau rédigées à 1/40000 ; une partie seulement des points cotés de la carte à 1/40000 a été reprise sur la feuille à 1/80000 dont les cotes sont rattachées au Nivellement Bourdaloue.

Le fond planimétrique à 1/80000 de la carte géologique porte sur le marais de Brouage 14 cotes, 12 sur la carte de Saintes et 2 sur celle de La Rochelle qui se répartissent ainsi *(tableau 24)* :

cote (m)	2	3	4	5	6
nombre	5	3	2	2	1

Tableau 24
Cotes des cartes à 1/80000 du Marais de Brouage.

La cote 6 m est attribuée au lieudit Bellevue, au centre du marais et les cotes 5 m au pont tournant de la Taillée de l'Epée et à la route Marennes-Hiers par Fremailloux, c'est-à-dire à l'extrême sud-ouest du marais.

Les minutes à 1/40000 de la carte à 1/80000 présentent 55 cotes, très inégalement réparties. La carte de La Rochelle, au Nord du parallèle d'Hiers porte 20 cotes, pour près de la moitié de la superficie du marais. Elles sont toutes arrondies au mètre. L'histogramme *(figure 125-2)* montre que les cotes 2 et 3 m sont également représentées. La minute à 1/40000 de la carte de Saintes porte 35 cotes pour la partie du marais située au sud d'une ligne tracée d'Hiers au hameau de Villeneuve, commune de Saint-Agnant : on relève trois cotes de 1,5 m - 2,2 m - 5 m ; les cotes 2,1 m - 2,5 m - 3,1 m - 3,4 m et 4,3 m sont au nombre de deux. Sur l'histogramme représentant ces cotes, arrondies au mètre *(figure 125-1)*, la classe modale est celle de 2,5 m à 3,5 m(valeur centrale 3 m, effectif 10) suivie par la classe de valeur centrale 2 m.

Il est regrettable que la réduction du nombre des cotes sur la carte à 1/80000 donne un histogramme différent de celui des minutes à 1/40000, puisque la valeur modale y est alors celle de 1 m, alors que la cote 6 m est conservée dans les deux cas *(figure 125-3)*.

Les cartes à 1/50000 de la région étudiée ont été levées sous la direction de M. R. d'HOLLANDER (1960). Les stéréominutes, établies à 1/20000, portent des cotes qui ne coïncident que fortuitement avec celles de la carte à 1/80000 ; ainsi, le lieudit Bellevue est-il «descendu» de 6 m Bourdaloue à 3 m NGF. A partir de plus de 500 cotes pour le marais de Brouage, F. VERGER a publié (1968, p. 351), une carte de répartition des cotes de 2 m, 3 m et 4 m et conclut que «à peu près partout, le niveau du sol du marais de Brouage est très proche de 3 m NGF».

De tels travaux ne peuvent donner que des résultats approximatifs, amplement satisfaisants dans une phase préliminaire d'exploration ou pour des études continentales, mais insuffisants pour l'étude détaillée des altitudes des marais maritimes ; il convient en outre de déterminer l'origine et la valeur des cotes portées sur les cartes.

Les cotes portées sur les cartes sont en effet de nature et de précision différentes, qu'elles soient indiquées par un point coté, un cercle ou un triangle pointés. Elles peuvent correspondre à trois catégories de cotes : les cotes des différents canevas déterminés sur le terrain, les cotes de restitution ou les cotes du complétement. Parmi les différents canevas, on peut citer les cotes des Repères du Nivellement (RN), les cotes géodésiques, les cotes du canevas de restitution obtenues lors de la stéréopréparation de la carte *(tableau 25)*.

a) Les cotes des Repères du Nivellement Général de la France (RN, NGF) ont été établies par des opérations au niveau, par courbes nivelées à partir du Repère fondamental de Marseille (Zéro NGF ou Zéro Lalle-

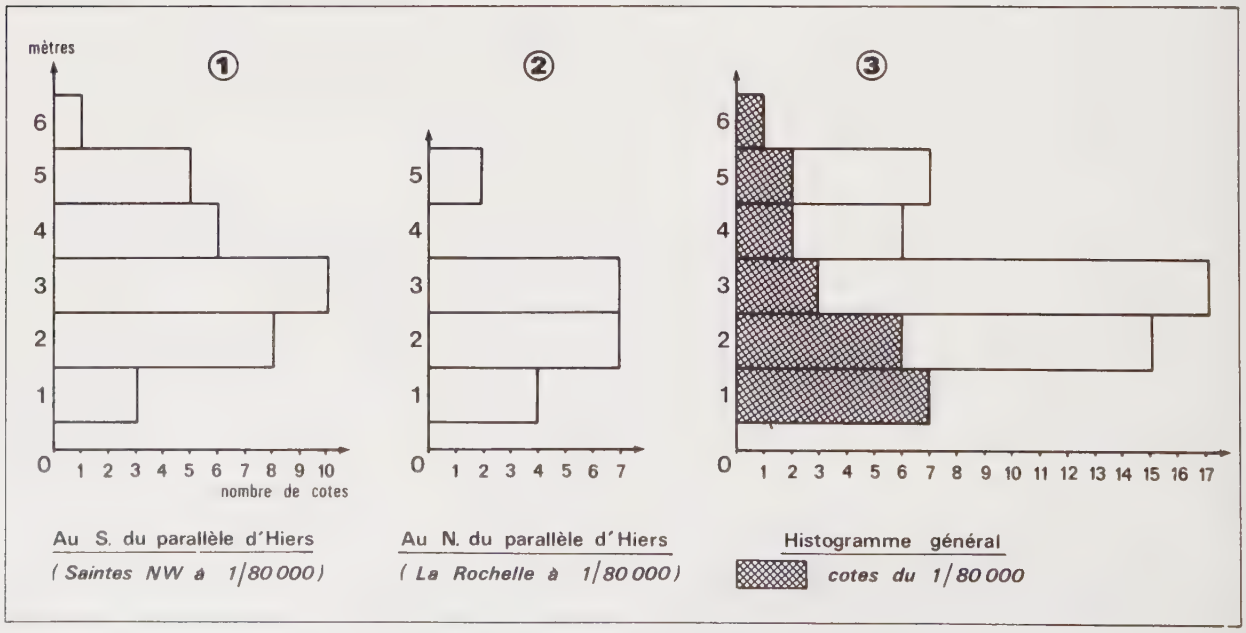


Figure 125
Histogramme des cotes du marais de Brouage sur les minutes à 1/40000 et sur les cartes à 1/80000

	Type	Origine	Terrain	Incertitude entre points voisins	Référence	Carte
1	RN	Zéro Lallemand	Médaillons	cm	Liste des repères	RN
2	Points Géodésiques	Triangulation 1e, 2e, 3e, 4e ordre	Bornes, Monuments	1 à 2 dm	Répertoire des coor données.	
3a	Points de mise à l'échelle	Triang. 5e ordre		1 à 2 dm	Répertoire des coordonnées, ou calques des cotes de restitution	
3b	Points de visée Zénithale	Mixte		2 à 3 dm	Calques des cotes restitution	
4	Cotes de restitution (Etude photogrammétrique d'un couple de clichés stéréoscopiques à 1/25000 ou à 1/40000) : Cotes de complétement	Cotes ci-dessus	Points identifiables sur photographies aériennes 6 par km2 au minimum	0,55 à 1,50 m ou 0,90 à 2,40 m	Calques des cotes de restitution	Point coté arrondi au mètre Z : 3 m 2,51≤ Z≤3,50
5		Relèvement sur 1,2	1 par km2 environ	2 à 4 dm	Abandonnées depuis 1965	

Tableau 25
Types de cotes utilisées pour l'établissement d'une carte topographique et cotes figurant dans la documentation de l'I.G.N. ou sur les cartes publiées.

mand). C'est sur elles que se fondent les travaux courants de nivellement effectués par les géomètres. L'incertitude entre deux repères voisins est de l'ordre du centimètre. *

b) Comme les RN, les points géodésiques s'ordonnent en réseaux ; leurs altitudes, obtenues par nivellement géodésique, sont approchées à 10 ou 20 cm et figurent généralement arrondies au décimètre sur les «répertoires des coordonnées». Sur le terrain, ils sont matérialisés par des bornes en granit portant le sigle IGN et la date d'installation ; un repère métallique est enfoncé dans le sol. Sur les cartes, la plupart d'entre eux sont représentés par un triangle ou un cercle pointés.

c) Afin de permettre la restitution photogrammétrique d'un relief, il est nécessaire de disposer de cotes plus nombreuses : c'est le rôle de la stéréopréparation. On utilise alors deux types de cotes : les points de mise à l'échelle et les points de visée zénithale. Les premiers complètent la triangulation géodésique (5e ordre) ; ils figurent sur les «Répertoires de coordonnées», ou sur les calques de cotes de restitution ; l'incertitude entre deux points voisins est de 10 à 20 cm ; les cotes des points de visée zénithale sont obtenues par une opération mixte, associant la mesure d'un angle sur le terrain à la mesure d'une distance graphique lors de la restitution ; elles figurent sur les calques de cotes de restitution et leur incertitude est de 20 à 30 cm entre points voisins.

d) A partir d'un couple de photographies aériennes stéréoscopiques, une autre série de cotes est déterminée : les cotes de restitution. «A partir de clichés à 1/25000, dans les conditions moyennes, l'écart type est donné en mètres par la formule $0,55 + 3\,p$, en appelant p la pente du terrain. Pour un terrain de pente quasi nulle, l'écart type est donc de 0,55 m, l'écart maximum (probabilité 1 % d'être dépassé) étant de 1,50 m environ» (R. d'HOLLANDER, in litteris). A partir de clichés à 1/40000, les valeurs respectives sont 0,90 m pour l'écart-type et 2,40 m pour l'écart maximum. Calculées au décimètre et portées sur les calques de cotes de restitution, ces cotes sont arrondies au mètre sur les cartes éditées à 1/20000 et à 1/25000.

Le Manuel de Photogrammétrie (J. HURAULT, 1948, p. 363) indique : «En terrain très plat, le tracé des courbes est très difficile (à partir des photographies aériennes)... le dessinateur doit faire reprendre trois ou quatre fois la même courbe et choisir le tracé moyen, le plus conforme possible aux lois du terrain ; le restituteur doit chercher surtout à discerner les points où la direction de la courbe change. En particulier quand il discerne des talwegs très peu accusés, il doit prendre garde de bien les marquer, car on a toujours tendance à ne pas les remonter suffisamment». En fonction des courbes de niveau ainsi tracées, on fixe les points cotés, qui «doivent être déterminés avec le plus grand soin..., leur densité moyenne doit être d'au moins six points au km^2».Ces points devant être facilement identifiables au sol, sont choisis sur les points caractéristiques du terrain : sommets, cols, confluents... ou sur les détails importants de la planimétrie : carrefour, maison isolée, arbre isolé...

Avant 1965, les cotes obtenues à partir de clichés à 1/25000 étaient contrôlées sur le terrain, à raison d'une cote par km^2 environ ; on décelait ainsi, d'une part les déformations possibles du «modèle» du terrain observé par le restituteur ; on précisait, d'autre part, les cotes dont le «pointé» stéréoscopique avait été rendu malaisé par la présence d'arbres, d'ombres, etc... Depuis 1965, la restitution s'effectue à partir de clichés à 1/40000 et le contrôle des cotes restituées est pratiquement abandonné pour des raisons financières. Ces cotes de complétement étaient déterminées au décimètre près et portées sur les calques de cotes, mais leur précision varie de 20 à 40 cm selon la longueur des visées de relèvement.

* Un nouveau réseau de nivellement, le nivellement IGN vient d'être réalisé. En Charente Maritime, la différence d'altitude entre le réseau IGN et le réseau NGF est de quelques centimètres.

Le *tableau 25* résume les principaux types de cotes ainsi que leurs références. On pourrait regretter que la différenciation entre ces types de cotes ne soit guère possible sur les cartes publiées, puisque ces cartes portent «un certain nombre de cotes arrondies au mètre, dont l'incertitude, en principe, ne devrait pas dépasser 2 à 3 m». Ces cotes ne concernent pas toujours le sol «naturel» ; on peut parfois différencier sur la carte les cotes au sol des cotes concernant les passages à niveau, les carrefours, les ponts ; mais les cotes des confluents de rivières (parfois broussailleux) des angles de cultures (luzerne, maïs, prairie rase) et *a fortiori* des coins de bois (arbres, ombres...) ne peuvent être considérées comme des «cotes au sol», lorsque les opérations de stéréotopographie n'ont pas été complétées sur le terrain. Lors du complétement, les décalages de courbes supérieurs à 1,50 m étaient décelés et corrigés (comme ce fut le cas sur le littoral du Centre-Ouest).

Un calque concernant la partie sud-est du marais de Brouage a été établi *(figure 126)* sur la carte à 1/25000 de Saint-Agnant 5 - 6 ; il permet de discerner les cotes de la carte correspondant au sol naturel. L'espace ainsi défini comprend 65 points cotés *(tableau 26)* parmi lesquels 28 cotes 3 m sont situées sur des routes, des chemins ou des bordures de canaux ainsi que 3 cotes 4 m et 4 cotes 2 m.

Cette critique rapide de la source documentaire permet de suspecter 35 des 65 points cotés de la carte : ces cotes se rapportant au milieu de la chaussée, au parapet d'un pont, à l'axe d'un carrefour le plus souvent, emplacements identifiables sur les photographies aériennes ;

alt (m)	2	3	4
nombre	7	52	6

Tableau 26

Cotes altimétriques au SE du Marais de Brouage.

ces points ne donnent pas l'altitude exacte du terrain, que nous cherchons à déterminer.

L'observation sur photographies aériennes stéréoscopiques des 30 points cotés restants montre que la plupart correspondent à des chemins ou des bordures de fossés : comme les exploitants laissent au bord des fossés la terre qu'ils en retirent au moment du curage, la parcelle présente une topographie de cuvette, et l'altitude de la bordure n'est pas celle de la parcelle. Cette objection est valable - *a fortiori* - pour les anciens marais salants.

Les 5 autres cotes correspondent à des cours de «cabanes» ou à des bordures de prés où le bourrelet n'est pas appréciable au stéréoscope ; on peut penser que ces 5 points cotés correspondent mieux à l'altitude du terrain, avec une indécision d'une vingtaine de cm de part et d'autre. Il s'agit de 5 cotes 3 m.

Dans ces conditions, des différences de l'ordre de quelques décimètres pourraient exister entre des nivellements de précision effectués au niveau et les cotes données par les cartes : sans grand inconvénient pour les régions continentales en pente forte ou moyenne, ces différences d'altitude sont trop importantes dans les marais maritimes.

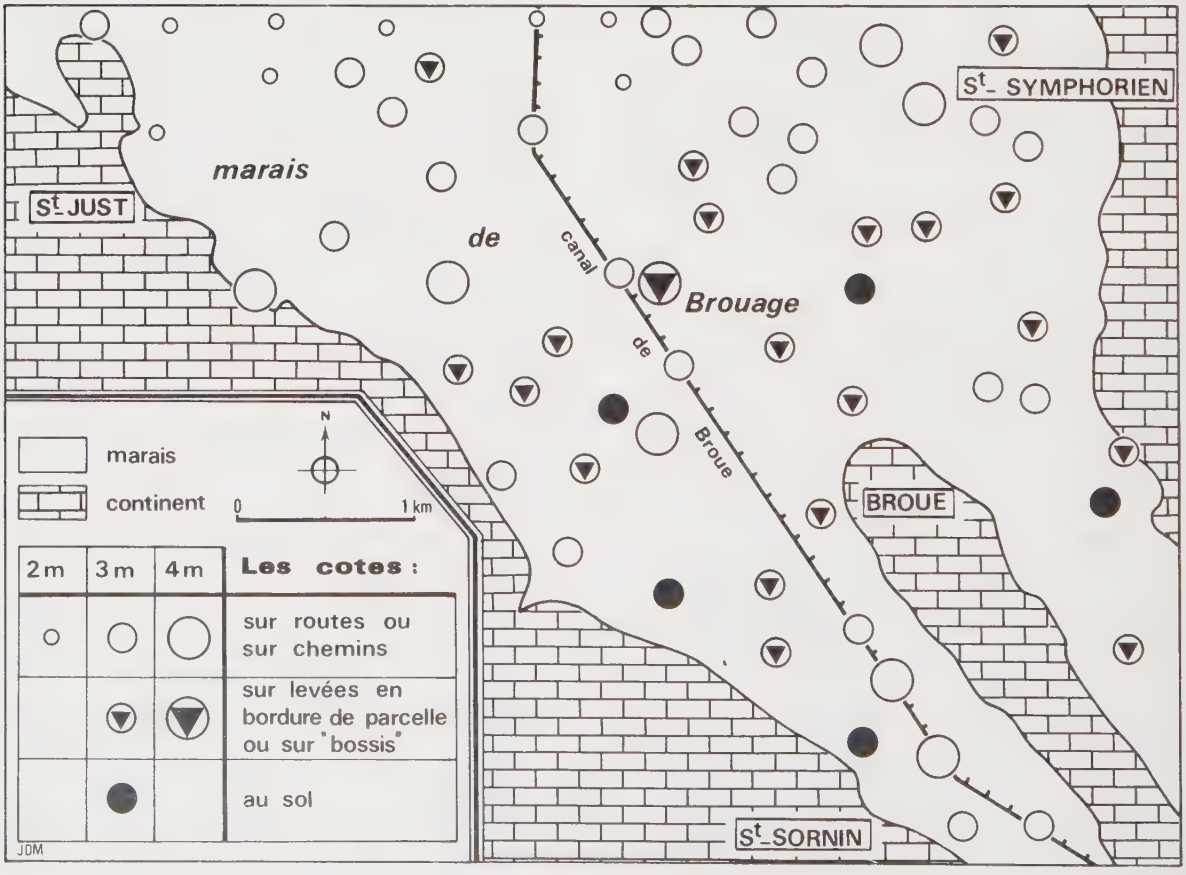


Figure 126

Nature et valeur des cotes portées sur la carte à 1/25000 au sud-est du Marais de Brouage.

Pour ces raisons, il est difficile de se borner pour l'étude des altitudes des régions de marais aux cotes portées sur les cartes, puisqu'elles concernent le plus souvent un «sol» qui n'est pas le sol naturel, mais des éléments aménagés du paysage : routes, digues, chemins, cours de cabanes. De plus, et ceci est tout à fait fondamental, les cotes publiées sont arrondies au mètre : une cote 3 m signifiant par exemple que l'altitude mesurée ou attribuée par stéréophotogrammétrie est comprise entre 2,51 et 3,50 mètres. Les cartes usuelles ne donnent donc, dans le cas particulier des marais maritimes qu'une représentation assez schématique de l'altimétrie, difficilement utilisable pour l'aménagement comme pour une étude scientifique. Toutefois, la disposition d'ensemble des marais peut être rendue de façon acceptable par les cartes à 1/25000 (cf. infra. marais de Rochefort) lorsque les cotes du sol naturel sont nombreuses.

II - LES TRAVAUX SPÉCIFIQUES.

L'altitude des marais maritimes n'a pas fait en France l'objet d'études générales, mais des notes sur des problèmes locaux ont pu être publiées (J.Y. DESDOIGTS, 1970, R. REGRAIN, 1971 e, F. VERGER 1971). Pourtant des services publics ou privés ont fait effectuer par des géomètres des profils en long à l'occasion de travaux ; pour la mise en place de canalisations de drainage enterrées, des exploitants agricoles ont pu aussi faire établir une telle documentation. On a utilisé trois types de documents : les profils établis directement ou à partir d'un maillage de points cotés, les nappes de points couvrant une surface homogène, enfin les nivellements topographiques spécialement effectués pour cette étude.

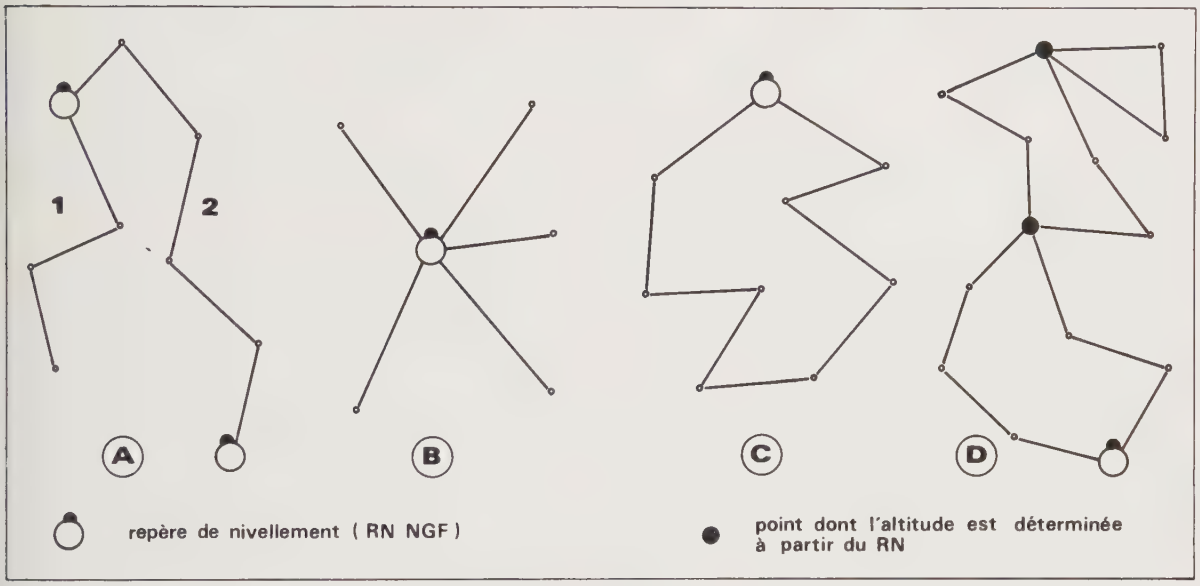


Figure 127

Types de cheminements topographiques

A 1 : antenne - A 2 : cheminement linéaire fermé
B - cheminement par rayonnement - C : cheminement en boucle - D : cheminement «en chaînette»

Des profils en long sont établis lors des projets d'aménagement relevant du Génie Civil : lignes à haute tension, canalisations diverses, routes. Sur un tracé déterminé, on mesure l'altitude du terrain, parfois en des points situés entre 20 et 30 m de part et d'autre du tracé probable de l'ouvrage (route ou tranchée), le profil en long définitif intègre alors les valeurs des cotes situées sur une même perpendiculaire au tracé définitif. Dans d'autres cas, le balisage a lieu antérieurement au nivellement et le profil définitif est établi directement sur le terrain (lignes électriques par exemple).

Pour des travaux d'emprise non plus de type linéaire comme précédemment, mais couvrant une certaine surface, on peut disposer de «nappes de points» : travaux hydrauliques agricoles, stations d'assainissement, ou extension urbaine de La Rochelle. La densité des points est supérieure dans ce dernier cas, d'autant qu'il peut s'agir d'anciennes salines ; d'une façon générale, la densité des points est très faible dans les profils de marais plats (1 cote tous les 60 à 80 m), plus forte dans les marais gâts. Les documents de ce type sont assez rares.

Plus nombreux sont les nivellements que nous avons pu effectuer, avec un niveau de chantier Wild et une mire Wild. Les mesures ont été faites sous forme de rayonnements autour de points de cote donnée (Repères du Nivellement Général de la France : R.N.) ou de cheminements appuyés sur ces repères. Plusieurs types de cheminements peuvent être distingués *(figure 127)* : le cheminement fermé en boucle commence et se termine sur le même R.N.; lorsque les R.N. sont très éloignés ou inexistants, on pratique le rayonnement dit «en chaînette», suite de cheminements linéaires comportant à l'aller et au retour un certain nombre de points communs. Parfois, on a effectué des antennes, cheminement linéaire ouvert : les cotes sont alors peu précises.

III - LES NIVEAUX DE RÉFÉRENCE

Le service du Nivellement de Précision de l'Institut Géographique National a déterminé, sur l'ensemble du territoire, des réseaux de points dont l'altitude est connue avec grande précision : ce sont les Repères du Nivel-

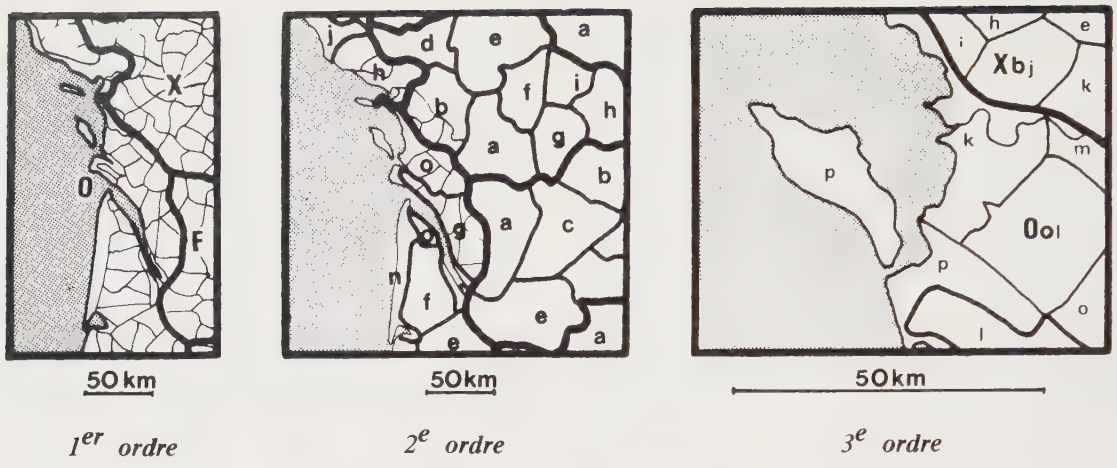


Figure 128
Mailles du réseau de Nivellement Général de la France

lement (.R.N.). Leur altitude au-dessus du niveau de référence constitué par le Repère Fondamental (ou médimarémètre) de Marseille (Zéro NGF) est déterminée par des opérations au niveau. Ils s'ordonnent en réseau de 1er, 2ème, 3ème ordre. En Charente Maritime, la voie ferrée La Rochelle-Bordeaux porte les repères de 1er ordre limitant les mailles O et X ; les mailles de ce réseau de premier ordre sont divisées par le réseau de 2ème ordre en mailles plus petites : a, b, h pour la maille X ; o, g, p pour la maille O. Chaque maille de 2ème ordre est divisée en mailles de 3ème ordre, ainsi la maille de 2ème ordre o couvrant le marais de Brouage comprend les mailles de 3ème ordre k, l, m, n, o, p, parcourues par des traverses de 4ème ordre *(figure 128)*. Chaque repère est caractérisé par un indice formé de chiffres et de lettres permettant de connaître sa localisation précise dans le réseau du nivellement. Ainsi le R.N. situé à l'entrée nord de Brouage porte le nº Oo. l3 - k3 - 66 ce qui le situe dans la maille de 1er ordre O, à l'intérieur de la maille de 2ème ordre o et sur la limite entre les mailles de 3ème ordre l et k, où il porte le nº 66. L'Institut Géographique National tient à jour des «Répertoires des Emplacements et Altitudes des Repères du Nivellement Général de la France» contenant la position exacte et l'altitude de ces repères, à raison de 2 fascicules par carte à 1/50000 (Ouest et Est).

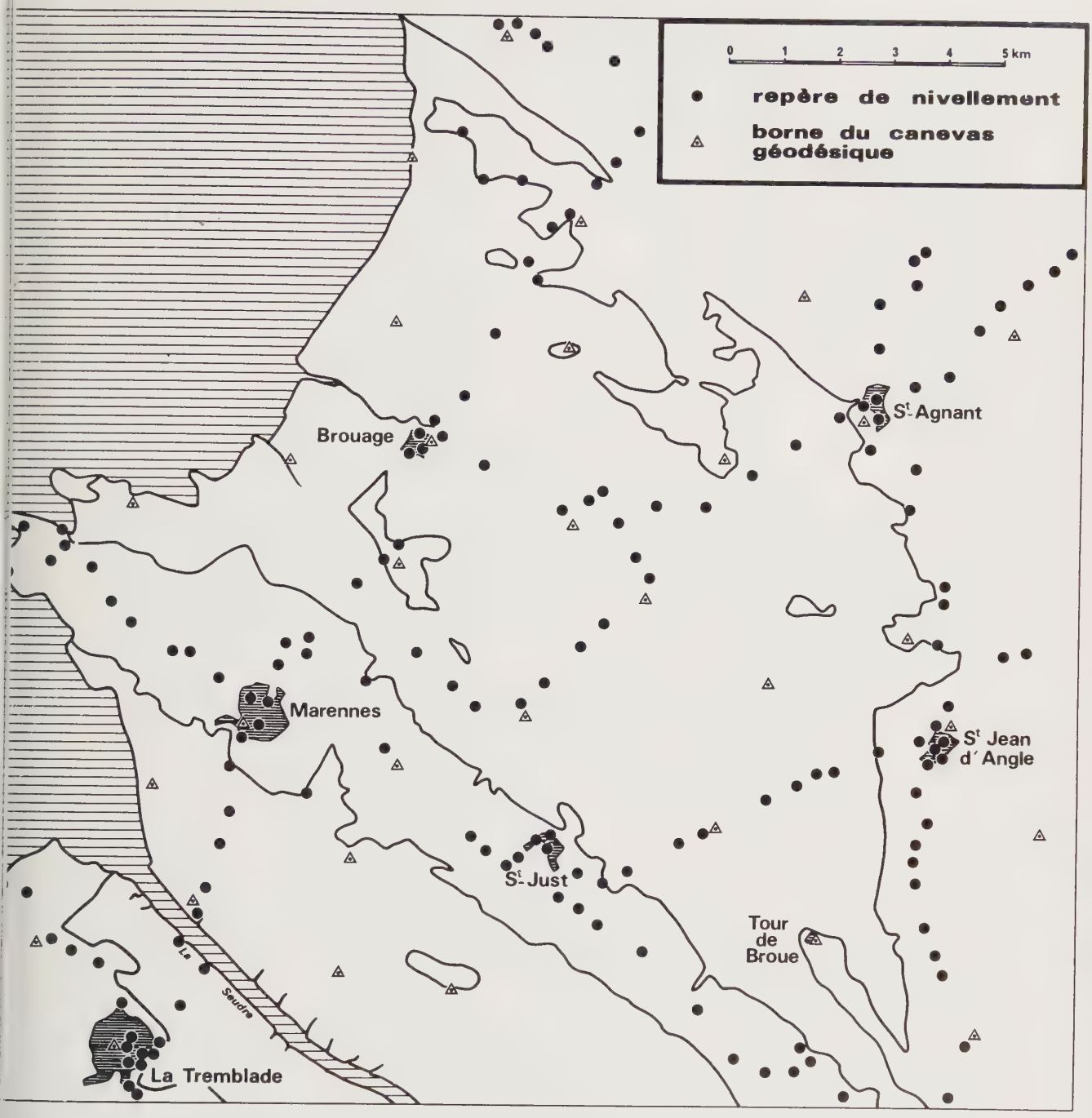
Les Repères de Nivellement se présentent sous quatre formes. Les principaux sont des consoles, fichées dans les ouvrages de la S.N.C.F. (réseau de 1er ordre sur la voie de La Rochelle à Saintes, réseau de 2ème ordre sur la voie de Saintes au Chapus), des médaillons scellés dans les murs, ponts, monuments et ouvrages divers, ou encore de simples rivets. Consoles et médaillons portent la mention «Nivellement Général de la France» gravée dans le métal et comprenaient naguère une plaque de faïence portant le numéro et l'altitude. En outre, des repères «locaux» peuvent être incorporés au réseau NGF, qu'ils appartiennent à l'ancien Nivellement Bourdaloue (gros médaillon), à d'anciennes compagnies de chemin de fer, à différents services publics (Ponts et Chaussées, Service de la Navigation, Ministère de la Reconstruction et de l'Urbanisme) : ainsi certains RN du canal de la Seudre à la Charente ont-ils été posés par le Service des Voies Navigables. On notera que ces RN ne portent pratiquement jamais des cotes au sol, mais qu'ils peuvent parfois correspondre, au décimètre près, à l'altitude du sol naturel : ainsi le repère Oo l3 - 20, sur un aqueduc près de l'Ile Marteau (Cne de St Just-Luzac) indique 2,14 m alors que les prés voisins sont situés entre 1,90 et 2,15 m.

L'altitude de ces R.N. est donnée au centimètre près, le demi-centimètre étant indiqué sur les repères de 1er ordre ; la précision altitudinale est de l'ordre du centimètre entre deux repères voisins. Dans les marais l'altitude des repères posés sur les ouvrages peut varier au cours des années, soit à cause du tassement naturel du bri, légèrement accéléré sous le poids de l'ouvrage, soit surtout et plus fréquemment par suite de travaux. Ainsi l'élargissement de routes où les R.N. étaient fixés sur les ponts (Pont de la Bergère, Oo. l3 - 21), les bornes kilométriques, ou encore le passage répété de camions sur des ouvrages adaptés seulement aux travaux agricoles perturbent les altitudes consignées dans les «Répertoires» ; par suite de l'ouverture d'une sablière dans l'Ile d'Erablais, liée à la construction du viaduc de la Seudre, le R.N. situé sur le pont d'accès à Erablais (contre-ceinture du canal de Mérignac) Oo.k3. l3 -23 bis, altitude originelle 2,55, est-il descendu de quelques cm avant la réfection du pont ; dans le Marais Poitevin, l'altitude de quelques repères a pu varier de 6 à 120 mm entre 1870 et 1957 (F. VERGER, 1968, p. 372).

Dans l'ensemble cependant, les altitudes de certains repères du N.G.F. peuvent être considérées comme très fiables dans les marais charentais, où les opérations de nivellement ont été effectuées à une date très récente (1960). Ces R.N., dont l'altitude est presque toujours fiable et dont le réseau - bien qu'insuffisant pour tel utilisateur - est relativement dense, servent donc de base aux nivellements de précision établis par les géomètres professionnels. Nous les avons utilisés pour cette étude *(figure 129)*.

IV - ESQUISSE MÉTHODOLOGIQUE

La précision recherchée par cette étude est supérieure à celle que donnent les cartes topographiques de l'I.G.N. Celles-ci portent, en effet, des cotes arrondies au mètre. Une précision de l'ordre du décimètre peut être obtenue, ce qui conduit à effectuer le maximum de mesures au centimètre ; mais beaucoup de cotes centimétriques sont inexploitables car la différence d'altitude



entre deux points très voisins sur le terrain est souvent plus importante, dans les zones couvertes de végétation en particulier. D'autre part, lorsque l'on «ferme» un cheminement, se produit une différence de niveau entre l'altitude que le cheminement attribue à ce même repère. Cette différence ou «fermeture» du cheminement est de l'ordre de quelques centimètres par kilomètre cheminé. Il est donc très difficile d'assurer une cote au centimètre près, sur le terrain d'un marais à l'exclusion des ouvrages et points très proches des repères de nivellement. Il est nécessaire enfin de ne pas dépasser 60 à 100 m entre 2 visées successives et de procéder par visées de longueurs égales, de façon à limiter au maximum l'incertitude entre points voisins et donc la «fermeture» du cheminement *(tableau 27)*.

Figure 129

Equipement géodésique et topographique du Marais de Brouage.

Ce tableau montre que lors des premières missions, la portée moyenne était beaucoup trop longue pour que les travaux puissent être considérés comme des nivellements de précision. C'est une des raisons pour lesquelles, bien que les carnets portent des cotes au centimètre, toutes les cotes publiées sont exprimées en décimètres. Par ailleurs, donner une altitude centimétrique n'a sans doute guère de signification géographique autre que ponctuelle.

	Cheminement	Distance en m	Portée moyenne	Fermeture cm/km
01-1	St-Fort - Peurot	5444	115,8	0,1
02-1	Peurot - Bellevue	4348	115,0	0,1
03-1	Bellevue - Brouage	4111	128,5	0,2
04-1	Brouage - Mer	4220	100,5	0,3
05-1	Les Auneaux	3716	97,8	0,1
06-2	Broue - Ile Marteau	2194	146	0,3
07-2	Bergère - Bellevue	5357	167	0,1
08-2	La Craie	4269	158	0,3
09-2	Erablais	1186	148	0,3
10-3	Brouage SW	4578	63,4	0,3
11-3	Tublats - Gémeux	1880	58,8	0,2
12-3	St Just - Mérignac	3972	53,0	0,3
13-3	St Just - Fousil	3340	59,6	0,2
14-3	Paillerie - Bellevue	5817	61,9	0,2
15-3	St Agnant	2725	61,9	0,3
16-3	Malaise W	1771	63,2	0,0
17-3	Collants-Loubresse W	4354	57,3	0,3
18-3	Loubresse S	2106	60,1	0,4
19-3	Malaise - Belleville	2339	73,1	0,1
		71127	94,1	

Tableau 27

Cheminements, portées et fermetures des nivellements effectués dans le marais de Brouage.
-1 : R. REGRAIN/P. LACROIX ;
-2 : E. AUPHAN/E. MORALES, L. PEPIN, R. REGRAIN.
-3 : R. REGRAIN/L. PEPIN.

En dehors des particularités communes à tout travail sur un sol naturel, la nature des marais maritimes est contraignante, en ce qui concerne l'accès aux points à niveler d'une part, les caractéristiques de ces points d'autre part. Souvent, les parcelles sont encloses dans un «quartier» qui n'a qu'un accès à la taillée ou à la route, et limitées par une série de fossés dont le franchissement, en dehors des passerelles de chasseurs, simples rondins indéterminables à partir des photos aériennes, est souvent une aventure. Déjà, Bernard PALISSY (1580, p. 185) écrivait : *«Les plates-formes sont faites si fort obliques qu'il semble que c'est un labyrinthe, et ne saurait-on faire une lieue au travers qu'elle n'en monte à plus six, à cause des environnements qu'il faut faire pour en sortir, et si quelque étranger y était enclos, à peine pourrait-il sortir sans conduite parce qu'il faut trouver un grand nombre de pontages, qu'il faut chercher l'un à dextre et l'autre à senestre, quelquefois tout au contraire du lieu où l'on veut aller».* Les travaux du début du XIXème siècle, par des canaux très larges (de Brouage et de la Seudre à la Charente) en dehors de quelques ponts ou passerelles, ont encore cloisonné le marais ; mais l'intérieur même des parcelles est compartimenté par les jas et les bossis, et l'accès d'un point précis dans une parcelle nécessite parfois des détours, comme pour l'installation des pylônes E.D.F. *(figure 130).*

Enfin, le point à déterminer peut être lui-même situé dans une position incommode : la surface du sol naturel des marais charentais qu'il s'agisse d'un pré non labouré depuis plusieurs générations - s'il l'a été jadis - ou d'un ancien marais salant, est marquée par l'existence d'une végétation rase reposant par l'intermédiaire d'un «mat racinaire» sur le niveau supérieur du bri ; cette couche végétale peut, suivant les endroits, avoir 0,5 à 3 cm d'épaisseur, sous la mire ou le niveau. De même lorsque l'altitude se rapporte à une légère dépression en

La figure 130 est une carte en couleurs
à prendre en fin de volume.

Figure 130

Itinéraires d'accès à des points alignés, situés près d'une route.

(Installation d'une ligne électrique ; lire Beaugeay)

eau au moment du nivellement, qu'il s'agisse d'un bassin de marais gât ou d'une «nôle» de marais plat, on définit le niveau du «sol» comme le niveau capable de porter les instruments de mesure : des imprécisions de l'ordre de 1 à 2 cm peuvent être observées entre le niveau avant et après la stabilisation du matériel laquelle s'effectue à l'aide d'une plaque triangulaire posée sur plots, qu'on appelle «crapaud». Enfin, et l'existence de flaques d'eau de faible profondeur le souligne, de très nombreuses dénivelées sont de l'ordre du centimètre dans les marais maritimes, mais il ne saurait être question d'en faire un inventaire exhaustif à l'échelle où nous nous plaçons, en particulier en raison du caractère fugace de certains microreliefs d'origine biologiques, dus au piétinement des bestiaux, aux galeries de taupes et même aux mottureaux.

Ces différentes caractéristiques du sol naturel rendraient donc illusoires des cotes données au centimètre et c'est la raison pour laquelle on n'indiquera ci-dessous que des cotes décimétriques.

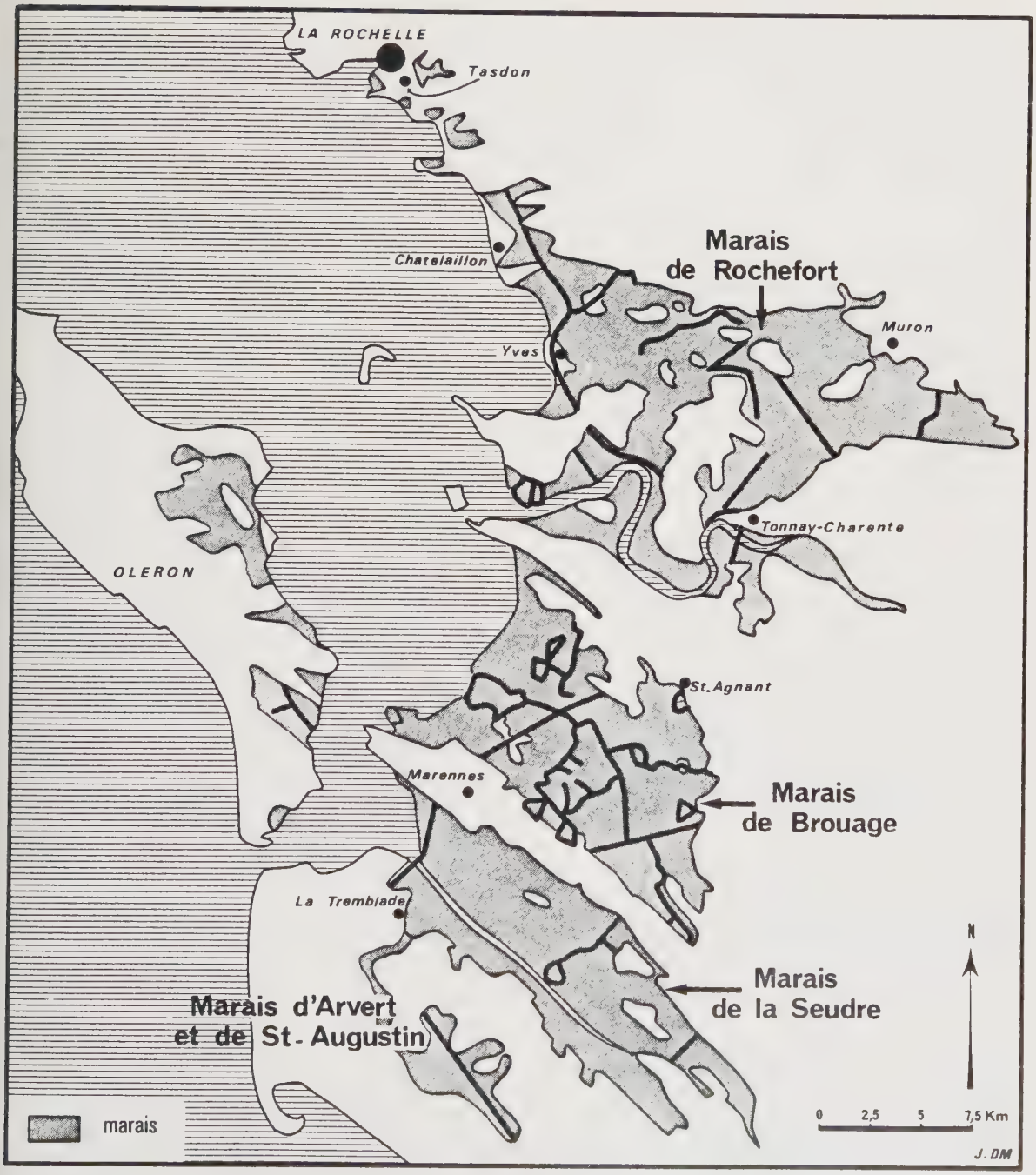


Figure 131

Cheminements topographiques réalisés dans les Marais Charentais.

II - LES PRINCIPAUX RÉSULTATS

Selon les documents dont on peut disposer, les altitudes des marais littoraux sont très variables : ainsi le lieudit Bellevue, à Hiers-Brouage, porte-t-il une cote de 6 m sur la carte topographique à 1/80000 de Saintes, dite carte d'Etat-Major, une cote de 3 m sur la carte à 1/50000 de l'Institut Géographique National, alors que le R.N. installé sur un pont (référence O_0 - k_3 - l_3 - 18) indique une altitude de 2,93 m.

I - PRÉCISION DES PROFILS

Sur l'ensemble des Marais Charentais, nous avons eu connaissance de plus de 50 km de cheminements topographiques et en avons effectué 78 km : à ces 130 km nivelés dans les bassins de Rochefort et de Brouage, on ajoutera une dizaine de kilomètres nivelés dans les marais oléronais ou nord girondins; l'emplacement de ces cheminements est porté sur la *figure 131.*

Ces cheminements, effectués lors de travaux de génie civil, sont le fait de géomètres charentais ou d'entreprises spécialisées et ont été gracieusement communiqués par des Administrations ou l'Union des Syndicats de Marais (UNIMA) que nous remercions. Le degré de précision de ces mesures, au demeurant variable, permet cependant d'assurer une cote à quelques centimètres près. Lorsque cela était nécessaire, nous avons raccordé aux repères du N.G.F. les altitudes données par les Géomètres ; les intersections entre ces nivellements et nos propres cheminements n'ont enregistré de distorsions sensibles qu'en un seul cas, aussi estimons-nous avoir affaire à des altitudes représentant fidèlement celles du terrain, au plus à quelques centimètres près, dans les deux types de sources documentaires.

Les cheminements (réalisés grâce à l'aide matérielle du C.N.R.S., du Laboratoire de Géomorphologie de l'Ecole Pratique des Hautes Etudes, ainsi que de nombreux amis ou collaborateurs souvent bénévoles), appuyés sur le réseau N.G.F., ont donc atteint une précision comparable à celle qu'obtiennent couramment les géomètres professionnels - à matériel égal - : la différence d'altitude constatée lors de la fermeture entre le R.N. de fin de cheminement et l'altitude que lui attribuerait le cheminement est de l'ordre de 0,1 à 0,3 cm par kilomètre cheminé, résultat obtenu grâce à des visées de longueurs égales, voisines d'une soixantaine de mètres, ce qui a été réalisé aussi souvent que les conditions locales l'autorisaient *(cf. tableau 27).*

Ainsi l'ensemble des cotes dont on dispose peut être considéré comme homogène quant au niveau de référence (le zéro N.G.F.) et à la précision (quelques centimètres), sous les réserves exposées plus haut quant à la définition du sol naturel.

II - LES MODES D'EXPRESSION GRAPHIQUE

Les milliers de cotes dont nous disposons représentent une population susceptible d'un traitement graphique (profils topographiques, cartogrammes, cartes en courbes de niveau), et statistique (histogrammes, analyses de fréquence, etc...).

1) L'établissement de profils topographiques est un moyen graphique rapide de traitement des résultats de nivellements, aussi est-ce généralement sous cette forme que se présentent les travaux commandés aux géomètres. Le profil suppose un tracé rectiligne du cheminement - ou une suite de segments - ce qui se trouve être le cas pour la plupart des travaux de Génie Civil.

Dans les marais où les dénivelées sont faibles et où on peut représenter les fossés traversés par un signe conventionnel (trait vertical), le profil montre très rapidement la disposition générale du marais sur une grande distance grâce à une échelle des longueurs assez grande *(figure 132)*. Par contre, dans les anciens marais salants où levées et bassins se succèdent à des distances de quelques mètres, il n'est guère possible de réduire dans les mêmes proportions l'échelle des longueurs sous peine de perdre une part importante de l'information. On est alors conduit à faire des profils très longs et encombrants, ou à rechercher un paramètre simplificateur qui peut être par exemple l'altitude moyenne entre les sommets des levées et les fonds de bassins *(figure 133)*. L'implantation des profils conditionne l'idée que l'on peut se faire de la répartition des altitudes du marais. Dans les marais plats, les différences d'altitudes sont très modestes, la différence d'orientation entre le profil et les levées de terrain n'a qu'une faible influence sur la représentation du relief.

Dans les marais gâts, les différents bassins ont été creusés non pas au hasard, mais de façon à ce que l'évaporation des eaux salines soit accélérée : LE TERME, indique que la meilleure disposition est celle où le vent d'ouest ou plutôt de nord-ouest, prend les bassins en enfilade. Un profil orienté SE - NW pourrait donc correspondre, parfois sur plusieurs centaines de mètres à un bassin ou à un sommet de bossis, évoquant ainsi

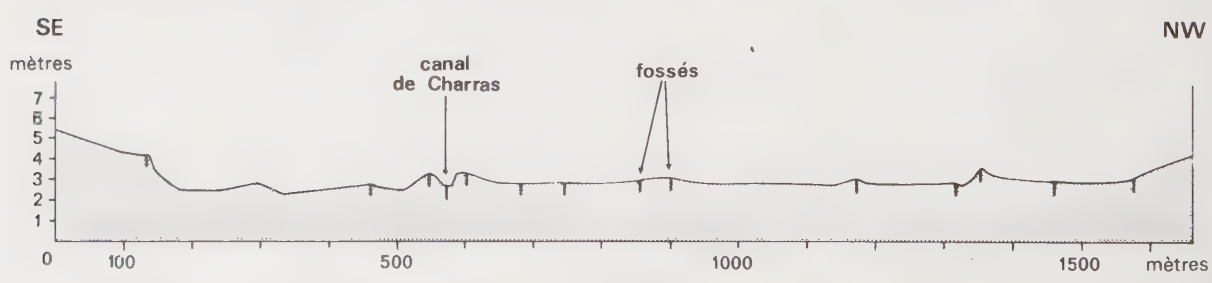


Figure 132

Profil topographique en marais plat, au nord du marais de Rochefort.

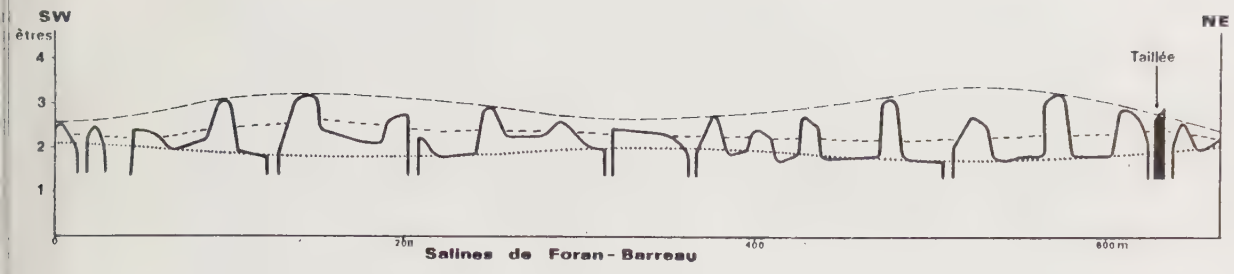


Figure 133

Profil topographique à travers d'anciennes salines du marais de Brouage.

Pointillés : enveloppe des points bas - tiretés longs : enveloppe des points hauts - tiretés courts : altitude moyenne reconstituée

un «marais plat» déprimé ou au contraire surélevé (cf. p. 135). Dans le cas du profil Marennes-Beaugeay, d'orientation SW-NE, il se trouve que la majorité des bassins est à peu près perpendiculaire à cette direction, mais l'intervalle entre bosses ne peut être mesuré sur le profil que si ce dernier est strictement perpendiculaire à l'axe des bosses, ce qui n'est pas toujours réalisé.

Les profils obtenus indiquent cependant les aspects généraux des marais ; ainsi le marais de Brouage est-il plus élevé près de Marennes que près d'Hiers *(figure 134)*. Cette disposition ne recouvre que très partiellement les schémas présentés par H. ENJALBERT (1960, p. 162) et F. VERGER (1968, p. 350), ce qui ne saurait surprendre à cause de la différence d'échelle des recherches et de l'origine des cotes utilisées.

Au lieu de représenter les altitudes seules, on peut définir la cote **moyenne mobile** de trois segments successifs a, b, c, et l'affecter au segment b. La *figure 134-2* représente une sorte de «lissage» du profil *134-1* ; elle met davantage en évidence l'inclinaison vers Hiers de ce marais, ainsi que la position curieuse du canal de Mérignac. Ce dernier, artificiel, a recoupé le chenal de l'Epine dont un ancien bras devait être très proche d'Hiers. La persistance de cotes très basses dans cette région est donc due à la conquête prématurée d'une haute slikke pour l'établissement de salines.

Enfin, dans les anciens marais salants, on doit distinguer les prises de marais autrefois utilisées pour le sel des autres prises de marais, car ces dernières ont pu conserver davantage leur altitude originelle. La *figure 134.3* montre que les salines n'atteignent pas, à l'endroit du profil, le canal de Mérignac ; si leur fond oscille de 1,60 m à 2,00 m, leurs bosses culminent entre 2,80 et 3,20 m, alors que le marais originel, en bordure du chenal de l'Epine est situé entre 1,75 m et 2,00 m. Il ne semble donc pas que les bassins au moins dans ce secteur, aient été creusés de plus d'une vingtaine de centimètres, ce qui permet de nuancer certains textes anciens affirmant que les marais salants avaient été creusés de plusieurs pieds.

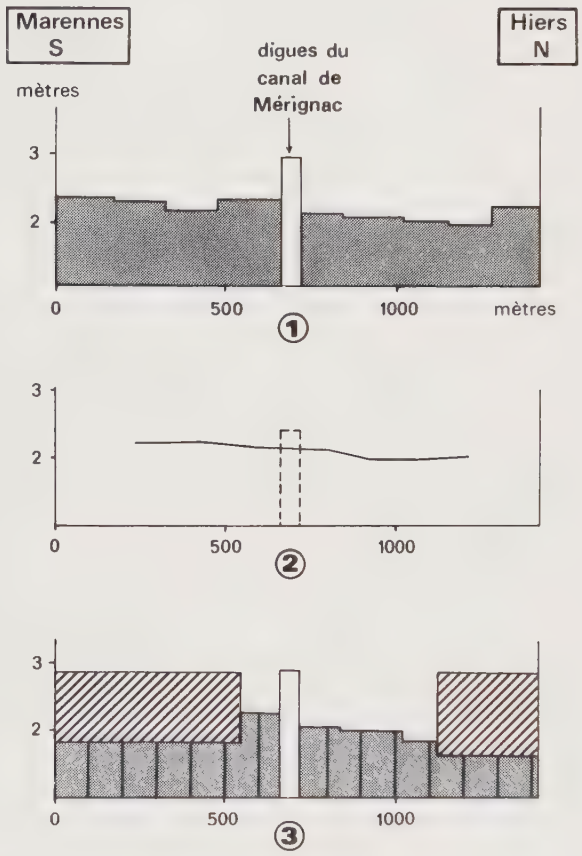


Figure 134

Profil topographique au sud de Brouage

En 1, pondération par segments de 80 à 100 m
En 2, moyenne mobile de trois segments consécutifs
En 3, cotes extrêmes des marais plats (grisés) et des marais gâts (hachures)

2) L'échantillonnage par sondages aréolaires.

Le profil topographique ne donne cependant qu'une image insuffisante. L'échantillonnage par sondage aréolaire, chaque aire étant tirée au hasard, permet une approche «en surface» de la répartition des cotes, complétant l'image linéaire qu'en donnent les profils topographiques.

Un **cartogramme** a été construit à partir des cotes portées sur les cartes à 1/25000 de l'Institut Géographique National *(figure 135)*. Les histogrammes établis pour les cotes supérieures à 4 m, comprises entre 3 et 4 m et inférieures à 3 m montrent que les marais de Rochefort et de Brouage présentent une inclinaison vers la mer. Si l'on reporte les cotes au sol relevées au cours de nivellements de précision dans le marais de Brouage, à l'ouest de la Cabane Salée, près de l'écluse de Bellevue et près de la Tour de Broue, c'est-à-dire dans les secteurs représentés sur la figure précédente, on observe que l'aspect

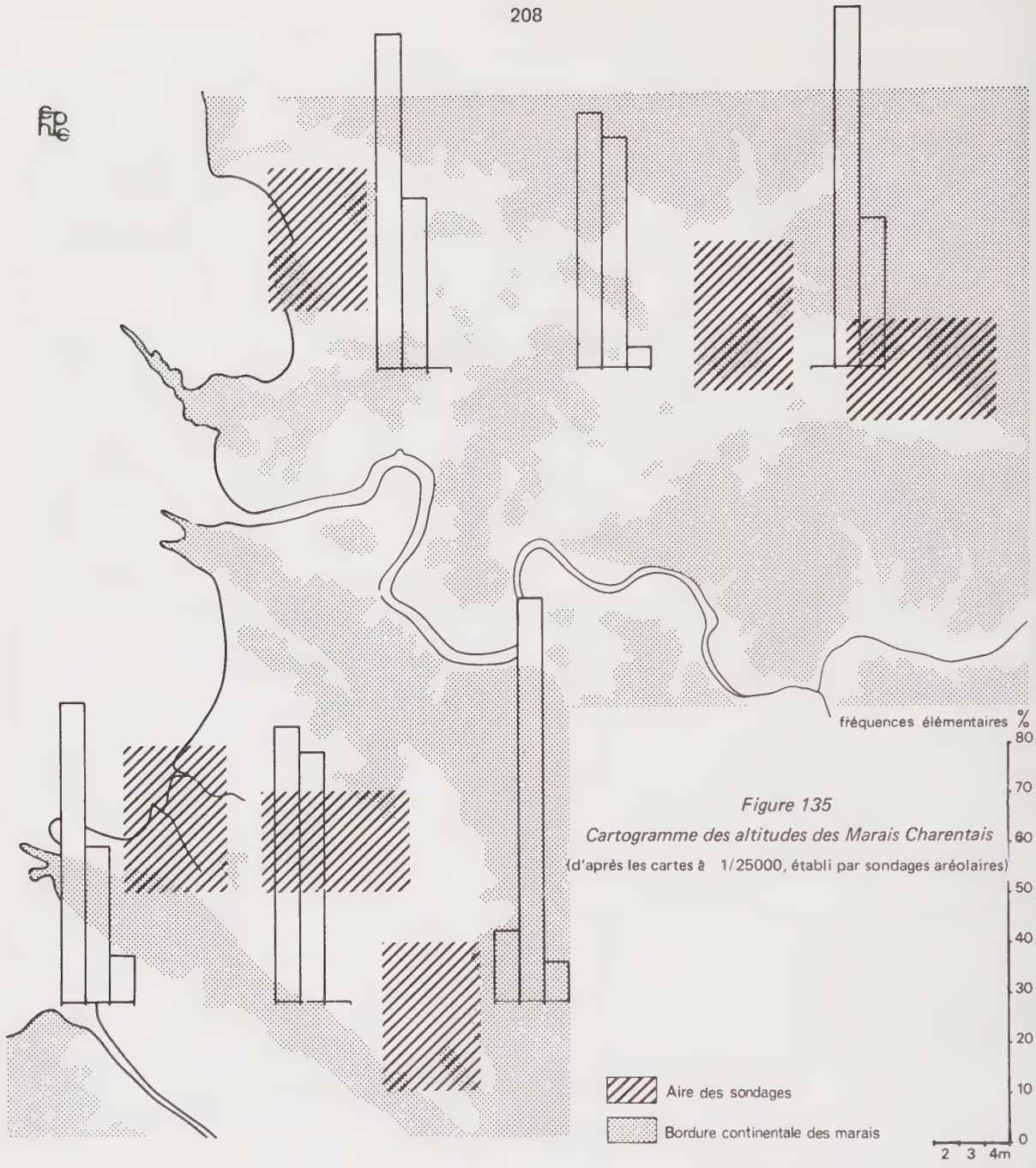


Figure 135

Cartogramme des altitudes des Marais Charentais

(d'après les cartes à 1/25000, établi par sondages aréolaires)

général des histogrammes de cotes de marais (sol naturel) ne montre pas de prédominance d'une classe d'altitudes sur l'autre. A Broue, les cotes 2 m ne représentent que 75 % de l'ensemble, contre plus de 80 % sur la carte à 1/25000, mais les cotes 2 m et 3 m, dont la fréquence est la même sur la carte près de Bellevue, sont bien plus inégalement réparties dans notre sondage : 85 % des cotes entre 1,50 et 2,50 m et 15 % supérieures à 2,50 m. A l'Ouest de Brouage, la carte présente 60 % de cotes supérieures à 2 m, les nivellements en montrent 78 %. L'image d'un marais uniformément incliné vers la mer (conforme), suggérée par le cartogramme *(figure 135)* se trouve donc infirmée, la fréquence des cotes 2 m côté continental (Tour de Broue 75 %) étant la même côté littoral (Brouage Ouest 78 %). L'étude rapide des classes d'altitudes d'amplitude décimétrique suggérerait même la disposition convexe indiquée par l'ancienne carte d'Etat Major : la classe modale est à 2,50 m à Bellevue, à 2,20 m à la Tour de Broue, à 1,90 m à l'ouest de Brouage. Cependant les profils transversaux et longitudinaux ne permettent pas de confirmer cette hypothèse, que nous discuterons dans l'étude régionale.

Ainsi, les sondages aréolaires parmi les cotes de marais permettent-ils de nuancer la disposition conforme des marais formés de bri ; le cartogramme rend ce phénomène sensible. Il ne saurait cependant suffire, et on peut s'orienter vers une cartographie plus complète, en courbes de niveau.

3) Les cartes en courbes de niveau.

Ces différentes tentatives doivent aboutir à l'établissement de cartes en courbes de niveau à équidistance décimétrique dans les marais ; ces cartes, fréquentes au

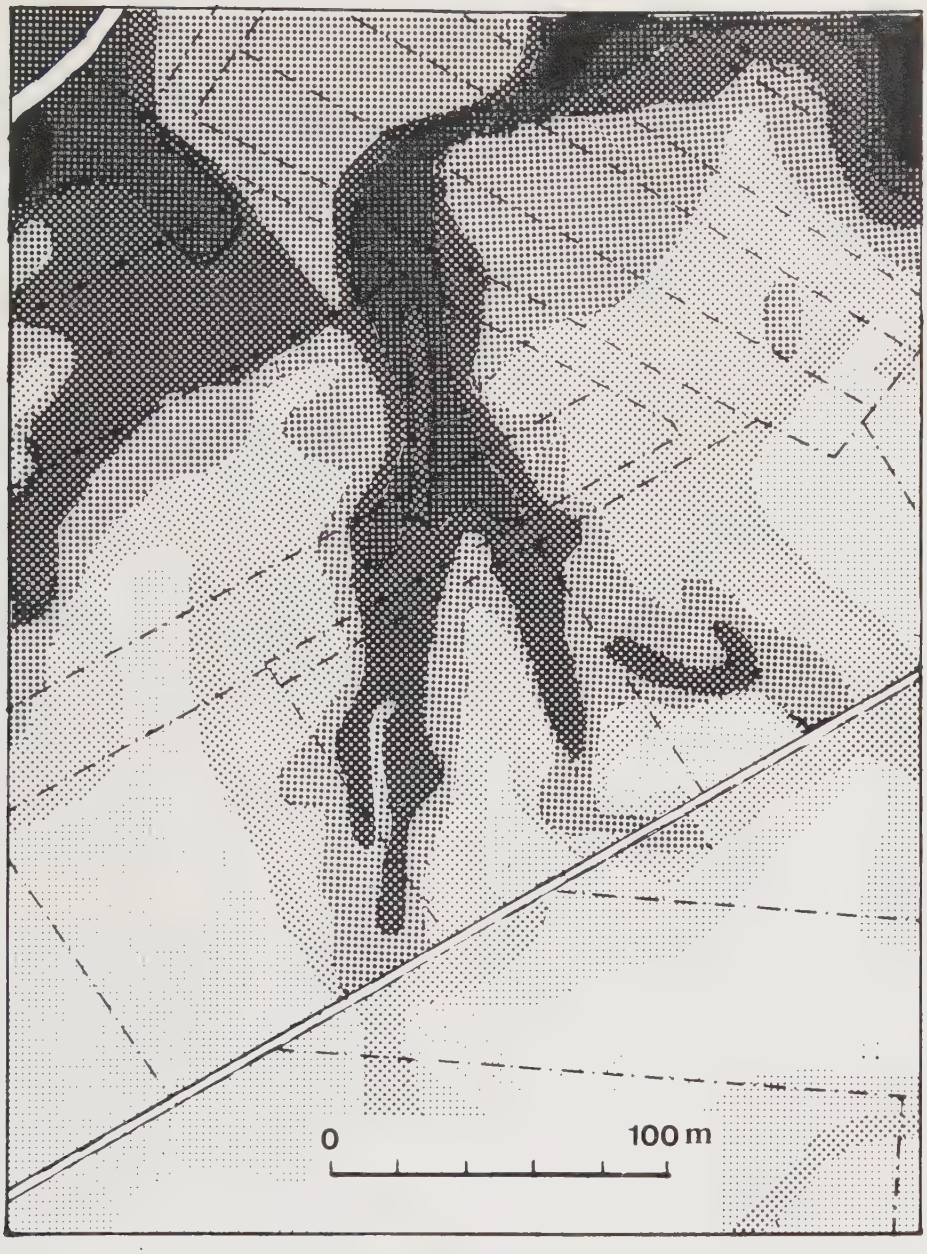


Figure 136

Croquis hypsométrique d'un relief du marais de Dol de Bretagne.

Les limites des trames correspondent à des courbes de niveau équidistantes de 25 cm
(extrait de J.Y. DESDOIGTS et F. VERGER, 1969)

Danemark et aux Pays-Bas, sont assez rares en France où J.Y. DESDOIGTS et F. VERGER ont publié en 1969 la première carte par plages hypsométriques concernant de curieux reliefs de chenaux inversés dans le marais de Dol (équidistance de 25 cm) *(figure 136).*

La carte en courbes de niveau est pratiquement impossible à réaliser, avec une précision acceptable, en stéréophotogrammétrie, bien que diverses tentatives, roumaines en particulier, semblent en cours. On est donc contraint soit à établir un semis de points côtés très dense, soit à filer la courbe sur le terrain.

Les **relevés en nappes de points,** susceptibles de servir de base à l'établissement de cartes en courbes de niveau sont très rares dans les marais, ainsi que les régions à courbes «filées» sur le terrain. Nous devons au regretté M. BOURGEOIS, géomètre à Rochefort, des nivellements effectués dans les marais de la Seudre, près du chenal de Dercie.

Les opérations de terrain ont consisté en un relevé systématique des altitudes des zones basses, mettant en évidence le tracé des chenaux, mais sans insister sur leurs levées latérales lorsqu'elles existent.

La région nivelée est formée de prises de marais ne présentant pas de traces de marais salants. Ces prises sont parcourues par des chenaux en communication avec le fossé périphérique, et par des «nôles» ou dépressions

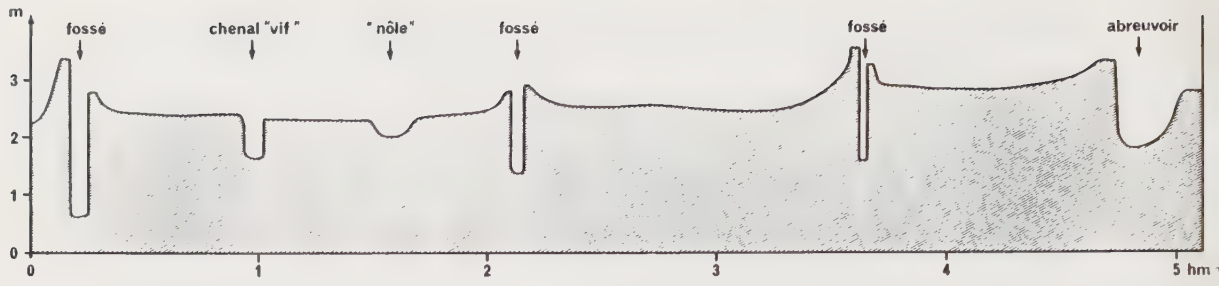


Figure 137

Profil topographique dans les marais plats de Dercie (bassin de la Seudre)

allongées et contournées, correspondant à d'anciens chenaux de marée peu profonds (20 à 30 cm) et assez larges (30 à 80 m).

Le profil de la *figure 137* a montré l'aspect général en cuvette des prés du marais, bordés près des fossés d'une levée de 20 à 40 cm de haut, et de 30 à 20 m de développement latéral, ainsi que la disposition générale des terrains, déprimés en direction des chenaux affluents de la Seudre ; la pente du terrain est de l'ordre de 4 cm/km. On notera un chenal «vif» parallèle à la Seudre à une profondeur de 60 à 70 cm, alors que les «nôles» ou chenaux morts ne s'encaissent guère que de 20 à 30 cm ; depuis l'endiguement, le colmatage en avant de la digue et le tassement en arrière atteignent 40 à 50 centimètres environ.

Avant d'établir la carte en courbes de niveau, on peut dresser un cartogramme *(figure 138)*, répertoriant toutes les cotes et constituant la minute de cette carte. S'agissant d'une carte à 1/2500 établie à partir de 108 cotes, l'équidistance décimétrique paraît souhaitable ; cependant, eu égard à la présence de toute une série de micro-reliefs qui s'inscrivent dans cet intervalle décimétrique : dépressions liées aux passages de bovins, mottureaux, taupinières, etc..., nous préférons un intervalle de 0,2 mètre.

Les histogrammes établis pour les parcelles voisines de la Seudre font apparaître des classes modales situées entre 2,20 et 2,60 m pour celle qui est située près du confluent Seudre-Chenal de Dercie, de 2,30 à 2,70 m pour la parcelle la plus interne, près du petit «ruisson» affluent de la Seudre. Cet ensemble présente donc une pente à la fois vers le nord-ouest (confluent) et vers l'ouest (cours de la Seudre).

A partir de cette nappe de points, on a tracé, en supposant que le terrain ait une pente régulière dans l'intervalle des points cotés, ce qui est réalisé ici en l'absence de marais gâts, une carte, avec une équidistance de 20 cm. Les zones dont l'altitude est comprise entre 2 m et 2,20 m sont laissées en blanc : elles correspondent pour l'essentiel aux «nôles» ; au centre de ces nôles subsistent des chenaux morts (indiqués par des pointillés au-dessous de 2 m N.G.F), sans communication apparente avec le réseau des fossés et des chenaux vifs.
Ces «nôles» et les chenaux «morts» sont couverts d'eaux stagnantes pendant la saison pluvieuse, rendant difficile l'exploitation des prairies concernées. Leur tracé souvent dendritique, est celui des chenaux du schorre *(Figures 139 et 140)*.

Ainsi, les divers traitements graphiques, profils topographiques, cartogrammes ou cartes en courbes de niveau permettent-ils de se faire une idée de la répartition des altitudes dans les Marais Charentais. Ces derniers apparaissent ainsi moins uniformément plans que l'on pouvait croire, et l'étude régionale des altitudes le montrera encore davantage.

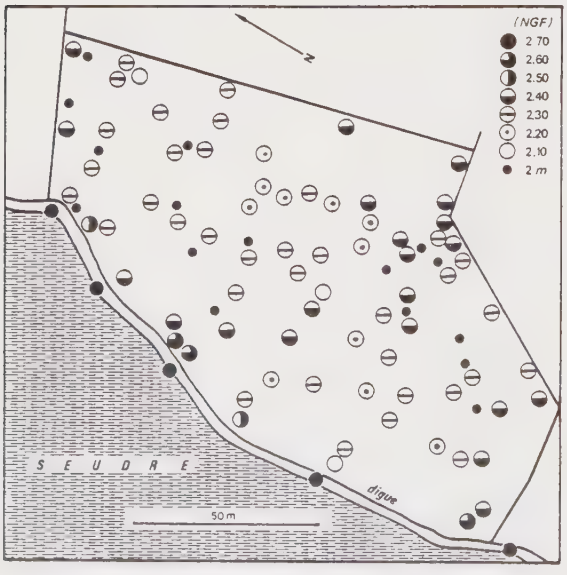


Figure 138

Cotes du marais de Dercie

Auparavant, il importe de vérifier si les cotes relevées dans les marais plats où les portées d'une soixantaine de mètres sont fréquentes ont la même valeur que les cotes des marais gâts où la présence de bassins et de bossis oblige à des portées plus courtes.

III - LE TRAITEMENT STATISTIQUE

Les méthodes habituelles de recherche des altitudes sur le terrain, nivellements par cheminement ou par rayonnement, ne donnent au sens strict que les altitudes des points où les instruments de mesure, mires ou niveaux ont été posés. La représentativité de ces points par rapport aux formes du terrain doit être discutée, d'autant que l'intervalle de variation des cotes est très réduit. En effet, le maximum de dénivelée noté entre les parties internes et externes du marais de Brouage, pour des lieux où l'influence humaine semble absente, est de l'ordre du mètre.

1) Cotes et portées.

La *figure 141* montre les histogrammes de fré-

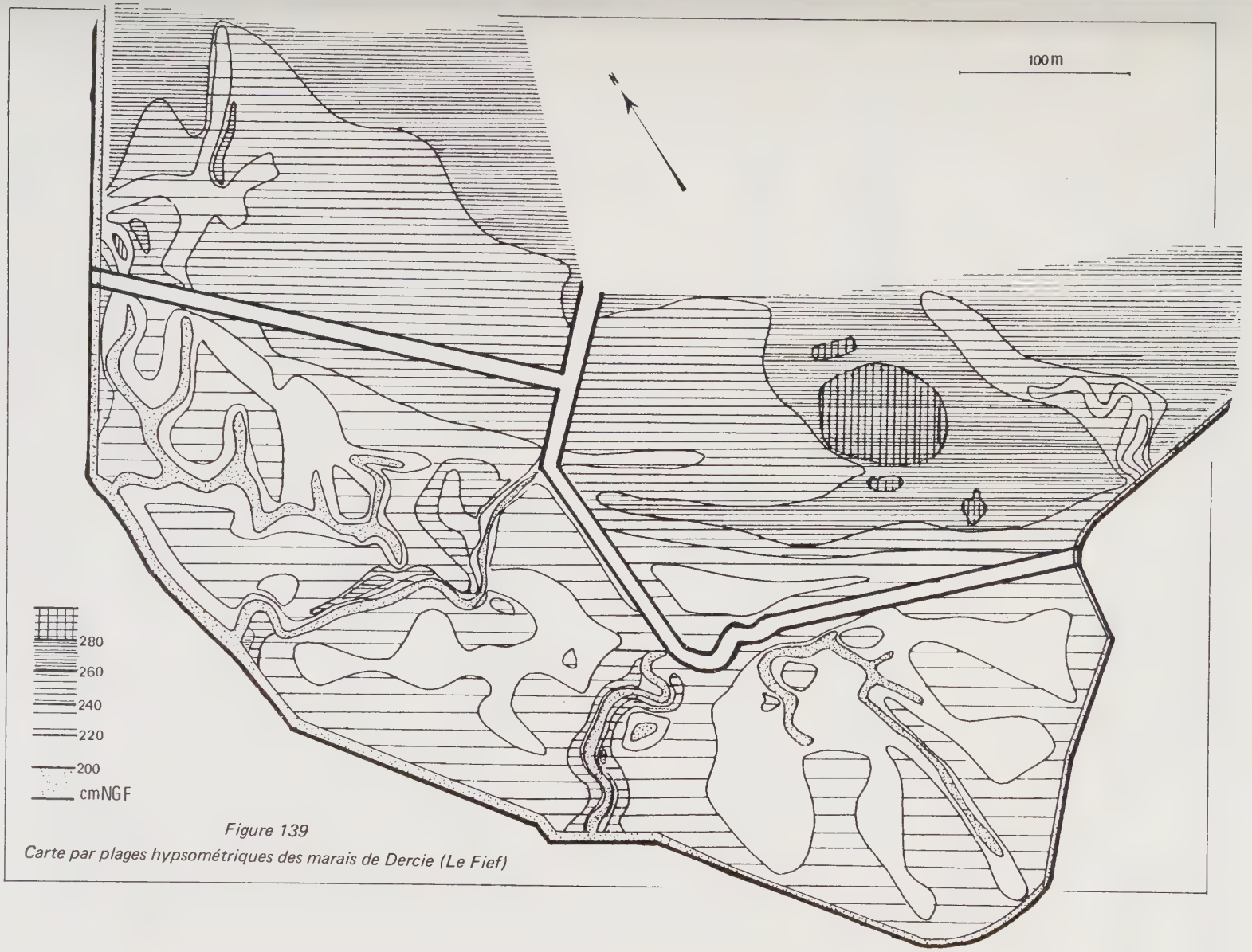


Figure 139

Carte par plages hypsométriques des marais de Dercie (Le Fief)

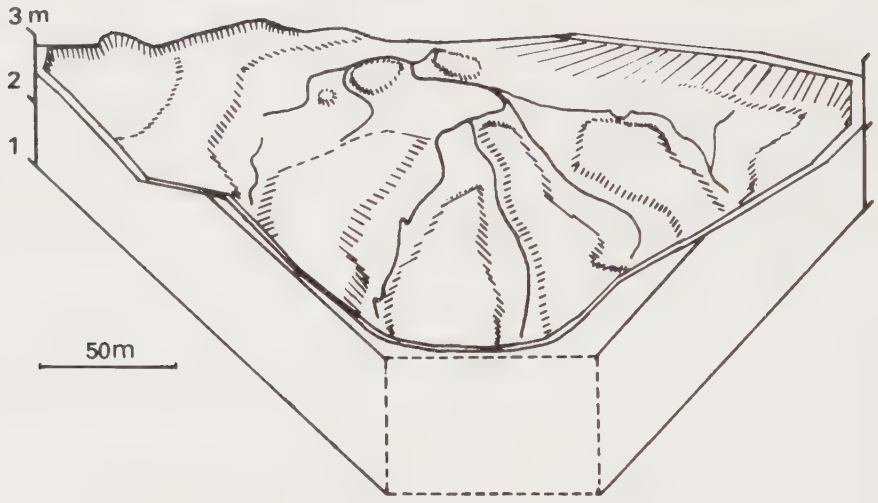


Figure 140

Bloc diagramme des marais de Dercie (Parcelle au S.E. de la figure 139)

quence des portées de nivellement établis à partir de 467 cotes relevées dans les marais gâts entre Marennes et Beaugeay, et de 281 cotes de marais plats entre Flay et Tonnay-Charente ainsi que vers Genouillé et Saint Crépin ; on y observe que la distance modale passe de la classe 0-10 m (54 %) en marais gâts à 40-50 m et 50-60 m (21 % et 18 %) dans les marais plats. Il est donc certain que les cotes relevées dans l'un et l'autre cas ne constituent pas un échantillon également représentatif de la même portion d'espace. On pourrait alors suggérer une pondération des cotes de telle façon que chacune soit représentative d'une même distance de l'ordre de 80 à 150 mètres environ sauf pour les traversées de routes et de canaux. Dans le marais de Brouage, entre Saint-Just et Saint-Jean d'Angle, et dans le bassin de Rochefort entre Flay et Tonnay-Charente, de telles cotes moyennes ont été déterminées *(figure 142)* ; l'aspect en escalier des profils ainsi obtenus entre Flay et Tonnay-Charente provient de la longueur du segment choisi, qui doit intégrer au moins deux points cotés dans les marais plats (intervalle modal de 40 à 60 m). Il est toutefois possible de «lisser» les courbes ainsi obtenues *(figure 142 - 2 et 4)* en portant au milieu de chacun des segments-unités la moyenne mobile de trois segments successifs. L'aspect topographique du marais de Brouage le long de ce profil révèle des parties subhorizontales vers 2,10 m NGF de part et d'autre du chenal de Brouage (marais «conforme»), et une disposition contraire en relation avec le chenal de Tirançon, le marais se relevant en direction de ce chenal. En réalité, la disposition «originelle» apparaît mieux sur le profil *142 - 5* qui regroupe les cotes des prés dépourvus de marais salants : la région proche du canal de Brouage et du chenal de la Craie paraît la plus déprimée, vers 1,80 à 2,10 m, alors que les prés drainés par le chenal de Tirançon s'élèvent jusqu'à 2,50 m. La *figure 142-6,* établie à partir de ces cotes des marais gâts seuls montre que ces derniers ne biaisent pas de façon sensible l'impression que donnent les cotes des marais plats.

Ainsi, la prise en compte de la distance entre cotes, en plus des cotes elles-mêmes conduit-elle à une meilleure image de la disposition des terrains.

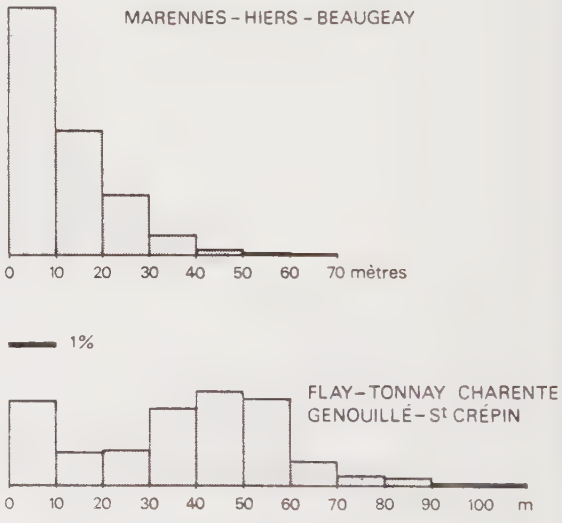


Figure 141

Histogramme de fréquence des portées de nivellement dans les marais de Brouage (en haut) et de Rochefort (en bas)

Nivellements effectués par des géomètres professionnels.

2) Les altitudes pondérées.

Ces méthodes classiques d'exploitation statistique des altitudes relevées reposent sur les deux caractéristiques fondamentales des «variables aléatoires» : d'une part la possibilité au moins théorique de répéter indéfiniment l'épreuve qui attribue une valeur numérique définie à la variable aléatoire, ici l'altitude z, et d'autre part l'indépendance mutuelle de ces épreuves, le résultat de l'une d'elles ne devant être en aucune manière influencé par le résultat de celles qui l'ont précédée. Le traitement statistique de ces variables a pour effet de détruire la structure spatiale des phénomènes, structure qui est l'objet même de la Géographie.

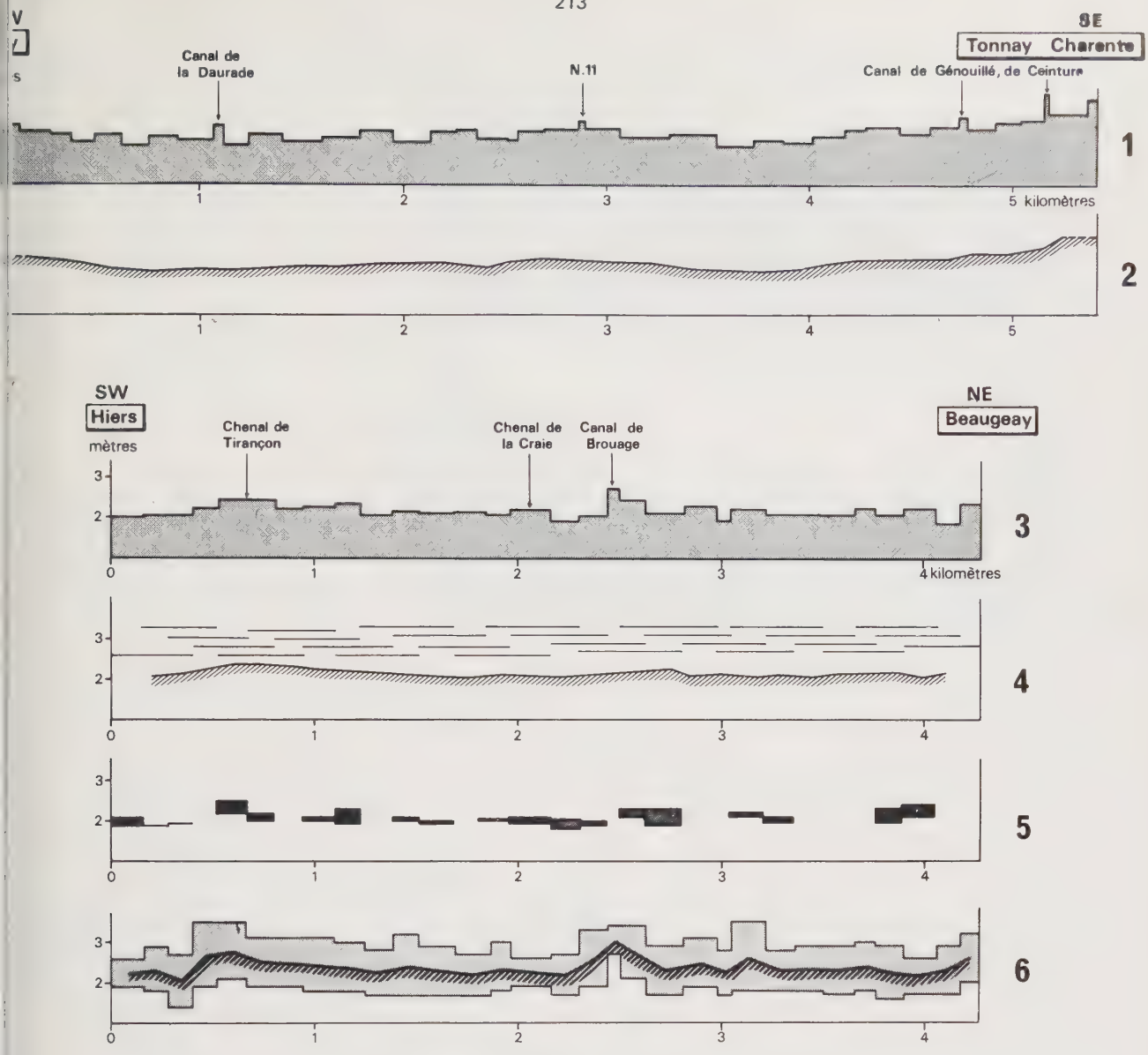


Figure 142

Lissage de profils topographiques par la méthode de la moyenne mobile.

marais de Rochefort

1. profil par segment
2. lissage par moyenne mobile sur 3 segments.

marais de Brouage

3. profil par segment
4. profil lissé
5. cotes des marais plats
6. enveloppe des cotes maximales, segment par segment ; altitude moyenne reconstituée - trait avec hachures -

Si les cotes d'altitude répondent à la première condition (répétition), il n'en est pas de même pour la seconde, qui suppose qu'après avoir déterminé zA, altitude du point A, on peut déterminer zB ou zC, quelle que soit la disposition des trois points A, B, C. En effet, en raison des conditions de travail, les points A, B, C sont alignés et situés à un intervalle de l'ordre de 10 à 20 m (marais gâts) ou 30 à 160 m (marais plats) ; ces points sont donc ordonnés et le tirage au sort de la variable aléatoire z se trouve être «biaisé» par l'existence de cet intervalle.

D'autre part, abstraction faite des traces d'aménagement humain, les dénivelées sont modestes dans les marais littoraux, et n'importe quelle cote ne peut se trouver à proximité de n'importe quelle autre : il existe **un rapport causal,** dû aux conditions de sédimentation et d'évolution du dépôt, entre deux cotes voisines. (Un phénomène du même genre existe en gitologie minière ainsi que pour beaucoup de phénomènes naturels qui expriment une certaine logique, celle-là même que les sciences d'observation s'efforcent de reconstituer).

Ainsi, il apparaît que la «population statistique» constituée par les cotes établies lors de nivellements de

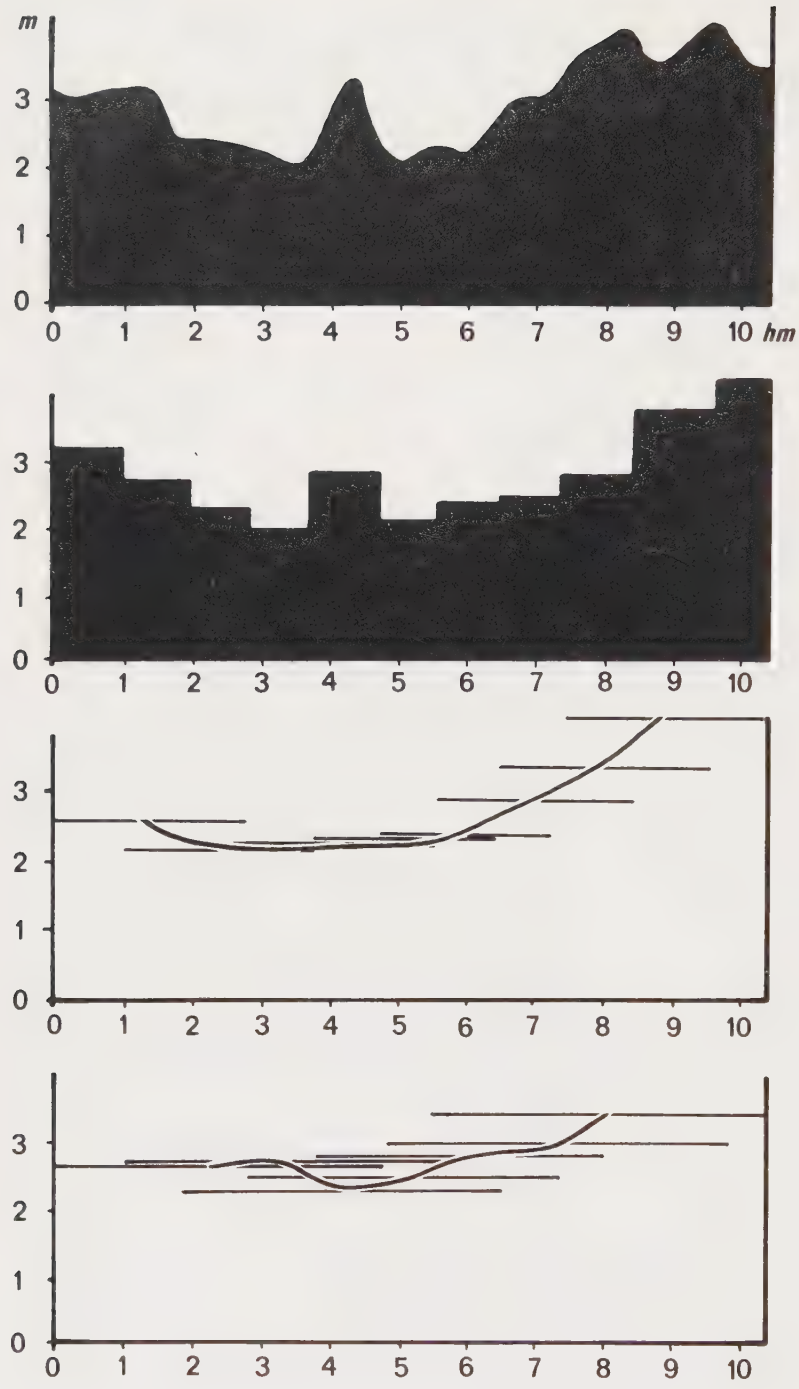


Figure 143

Cotes pondérées dans le marais d'Aytré, près de La Rochelle

précision est doublement biaisée: par l'intervalle entre mesures d'une part, par leur solidarité spatiale d'autre part. Les cotes ne sont justiciables d'un traitement statistique classique qu'en faisant abstraction de leurs caractères spatiaux.

Il paraît donc nécessaire de définir des **cotes «pondérées»** en tenant compte non plus seulement de la cote brute, mais de sa distance aux cotes encadrantes lors du cheminement, puisque cette distance varie avec les caractéristiques du terrain. Sur une ligne de cheminement, si quatre points A, B, C, D, d'altitudes respectives zA, zB, zC, zD, sont séparés par des distances AB : a, BC : b, CD : c, on considère la cote zB comme représentative des altitudes dans un intervalle I, égal à la somme de la moitié de la distance AB et de la moitié de la distance BC soit I = a/2 + b/2. Le produit de I par zB est ensuite établi pour des segments dont la longueur est la plus proche possible de 100 mètres par exemple ; on désigne par (B) la cote pondérée que ce calcul attribue

N°	l_1	l_2	$(l_1+l_2)/2$	z	zl	l_i	$l \simeq 100$	Σ zl	$\bar{z}$	$\bar{z}3$	$\bar{z}5$	remarques.
	distance AB	distance BC		altitude de B			l voisin de 100 m	somme des zl	moyenne	moyennes mobiles 3 ou 5 segments.		

Figure 144

Fiche de calcul des altitudes pondérées

au segment comprenant le point de mesure B ; dans ces conditions il est possible de respecter la structure spatiale des points cotés, voire en assimilant les altitudes des seules parties physiographiquement semblables du marais à des «champs homogènes», de se rapprocher de la notion de variable régionalisée de G. MATHERON (1962).

La prise en compte des distances séparant les cotes permet de donner une image plus globale de l'altitude des marais, dans la mesure où les accidents de terrain, souvent artificiels (levées de curage, taillées, routes) n'interviennent que pour la largeur de l'accident qu'elles caractérisent. Il est donc nécessaire de disposer de cotes au sol «naturel» le plus près possible de la levée artificielle. Lorsque cette condition ne se trouve pas réalisée, comme dans les marais d'Aytré *(figure 143 a)*, où des cotes de marais distantes de 122 m encadrent une levée, l'altitude de cette dernière est considérée comme valable pour une largeur de 61 m, ce qui perturbe l'altitude de cette portion de marais ; en effet, alors que les bassins atteignent 2 à 2,20 m d'altitude, la moyenne pondérée pour un intervalle de l'ordre de 100 m les situe entre 1,90 et 2,40 m ; les moyennes mobiles des altitudes

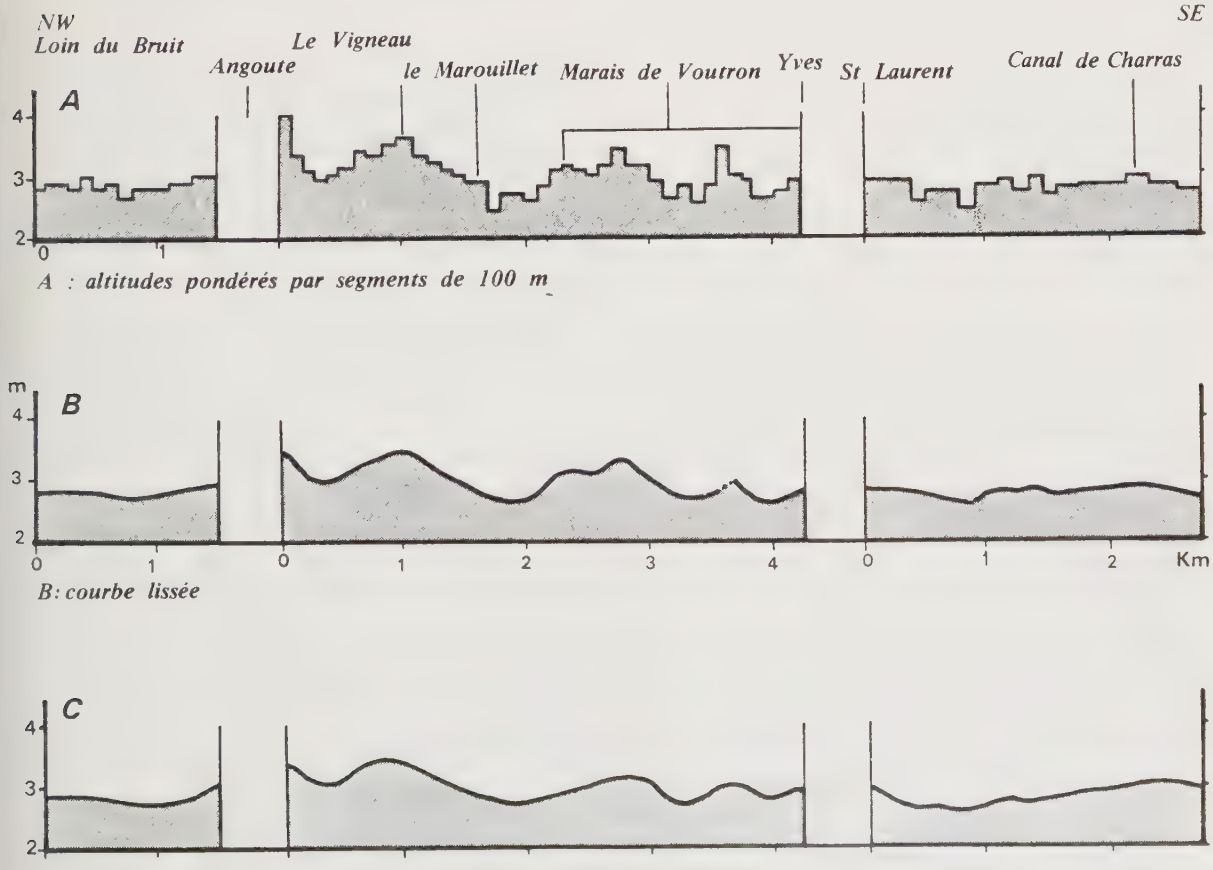


Figure 145

Profils topographiques le long de la route Rochefort - La Rochelle

pondérées rehaussent leurs cotes entre 2,20 et 3 m *(figure 143 b, c, d)* car elles prennent en compte cette énorme levée factice.

Pour cette raison, dans les marais gâts, où les levées sont fréquentes, on présentera les cotes pondérées brutes ; dans les marais plats par contre, les moyennes mobiles de cotes pondérées paraissent plus évocatrices.

3) Cotes pondérées à l'ouest du marais de Rochefort.

Par suite de travaux routiers entre La Rochelle et Rochefort, on dispose d'une série de cotes à travers les marais de Voutron et d'Yves, qui ont été traitées sur les tableaux reproduits sur la *figure 144.*

Entre Angoute et le canal de Charras, le profil étudié traverse les anciennes îles d'Yves et de St Laurent-Fouras, et emprunte sur 3,5 km les levées de galets du Marouillet. La *figure 145* regroupe les cotes pondérées pour des intervalles I voisins de 100 mètres, la *figure 145 b* est obtenue par lissage de la *figure 145*. On y observe que les altitudes pondérées sont partout voisines de 3 m (2,60 m à 2,90 m au nord d'Angoute comme au nord du rocher d'Yves et dans les marais de Saint Laurent au nord des écluses de Charras), à l'exception du secteur du marais de Voutron où les cordons de galets s'élèvent jusqu'à plus de 3,60 m. Les régions les plus basses correspondent aux exutoires du marais de Voutron : 2,50 et 2,60 m près des Portes, alors que le chenal de Charras n'apparaît que par ses levées latérales qui atteignent 3 m.

L'aspect général est conservé sur le profil représentant les moyennes mobiles à base 3, présenté par la *figure 145 c.* Si le tracé en est beaucoup moins heurté, les amplitudes étant affaiblies par le lissage statistique, les cotes minimales sont un peu relevées. Une disposition contraire est suggérée pour les marais de Saint-Laurent, au nord de Charras, alors que le marais de Sècheboue, à l'est de Chatelaillon semble présenter une zone déprimée à mi-chemin entre Angoute et Loin-du-Bruit. Enfin, les cordons de galets du Marouillet sont de moins en moins élevés en direction du sud.

Ainsi, pour le cas du marais de Rochefort, la prise en compte des altitudes pondérées permet-elle d'aboutir non seulement à une image synthétique des dispositions d'ensemble des différentes unités de marais, mais encore elle permet de poser des problèmes de genèse de ces marais, selon que la disposition relève ou non des catégories «conformes» ou «contraires» (F. VERGER, 1968, p. 459 et *figure 146).*

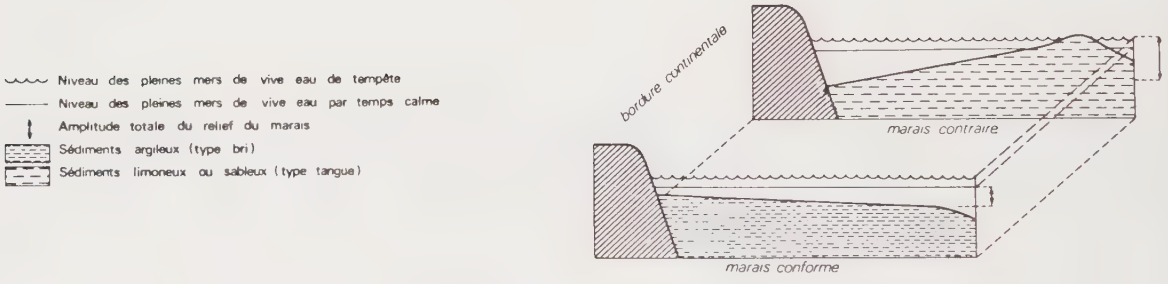


Figure 146 :

Marais à disposition conforme et marais à disposition contraire
(Extrait de F. VERGER, 1971, p. 165)

Les nivellements de précision étaient donc indispensables pour connaître la topographie réelle des marais, partout incluse dans l'intervalle de 1 mètre qui encadre les cotes publiées sur les cartes de l'Institut Géographique National. Dans les marais de Brouage et de Rochefort, les altitudes sont différentes : 1,90 à 2,30 m pour l'un, 2,30 à 2,50 m pour l'autre.

Pour comprendre de telles différences, il importe de changer d'échelle et d'inventorier tour à tour chacun des marais ; ce changement d'échelle montrera des altitudes différentes d'un point à l'autre du même marais : il importera ensuite de discuter les notions de marais à disposition conforme et de marais à disposition contraire.

III - ETUDE RÉGIONALE DES ALTITUDES DES MARAIS CHARENTAIS

Après avoir précisé les conditions méthodologiques de l'établissement et du traitement des données concernant les altitudes, il importe de montrer quel est l'intérêt de cette démarche pour la connaissance du milieu des marais maritimes et leur aménagement. On exposera donc les résultats de plus de 100 kilomètres de nivellement dans les Marais Charentais, marais par marais, en essayant de voir si les notions de marais à disposition contraire (dont les altitudes se relèvent vers la mer) ou à disposition conforme (horizontale ou inclinaison vers la mer), proposées par F. VERGER en 1968 (p. 459) et systématisées en 1971 (p. 165) sont applicables.

Enfin, la comparaison des altitudes des marais et des niveaux atteints par la marée nous permettra de rechercher s'il existe une corrélation encore actuelle entre ces phénomènes, ou si les marais ont été mis en place à des époques où le niveau marin était différent de l'actuel.

I - LES MARAIS DE LA PRESQU'ILE D'ARVERT *(figure 147)*

La presqu'île d'Arvert comporte les marais de Saint-Augustin en arrière des dunes de la Coubre, les marais de Pousseau et de Belmont proches de Royan.

a) Les marais de Saint-Augustin constituent une région déprimée de la presqu'île d'Arvert ; encadrés de plateaux crayeux, ils sont isolés de la mer par le vaste massif dunaire de la forêt d'Arvert et de la Coubre.

Au nord, sur la commune d'Arvert, ainsi qu'au sud (Breuillet, Royan), les marais sont beaucoup plus humides que dans la partie centrale, où un réseau de canaux (Passe Commune, Passe de Chalezac) draine le marais vers la Seudre (Chaillevette). L'avancée des dunes a séparé ce marais de celui de Bréjat, qui débouche vers Bonne Anse. Au nord, les marais des Mathes et de Dirée sont eux aussi drainés vers la Seudre (La Tremblade).

Sur les cartes à 1/25 000, les cotes 2 m ont une fréquence de 81,4 % ; les cotes 3 m ne représentant que

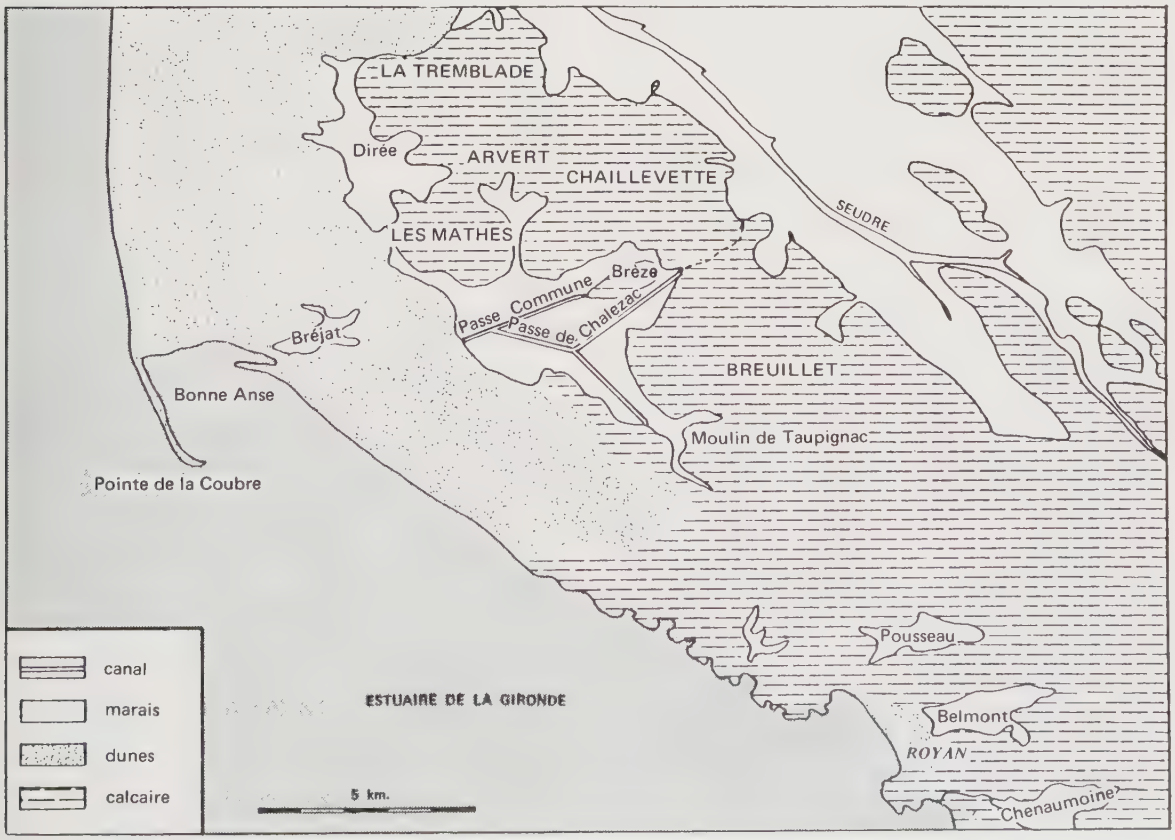


Figure 147

Croquis de repérage dans les marais de Saint-Augustin

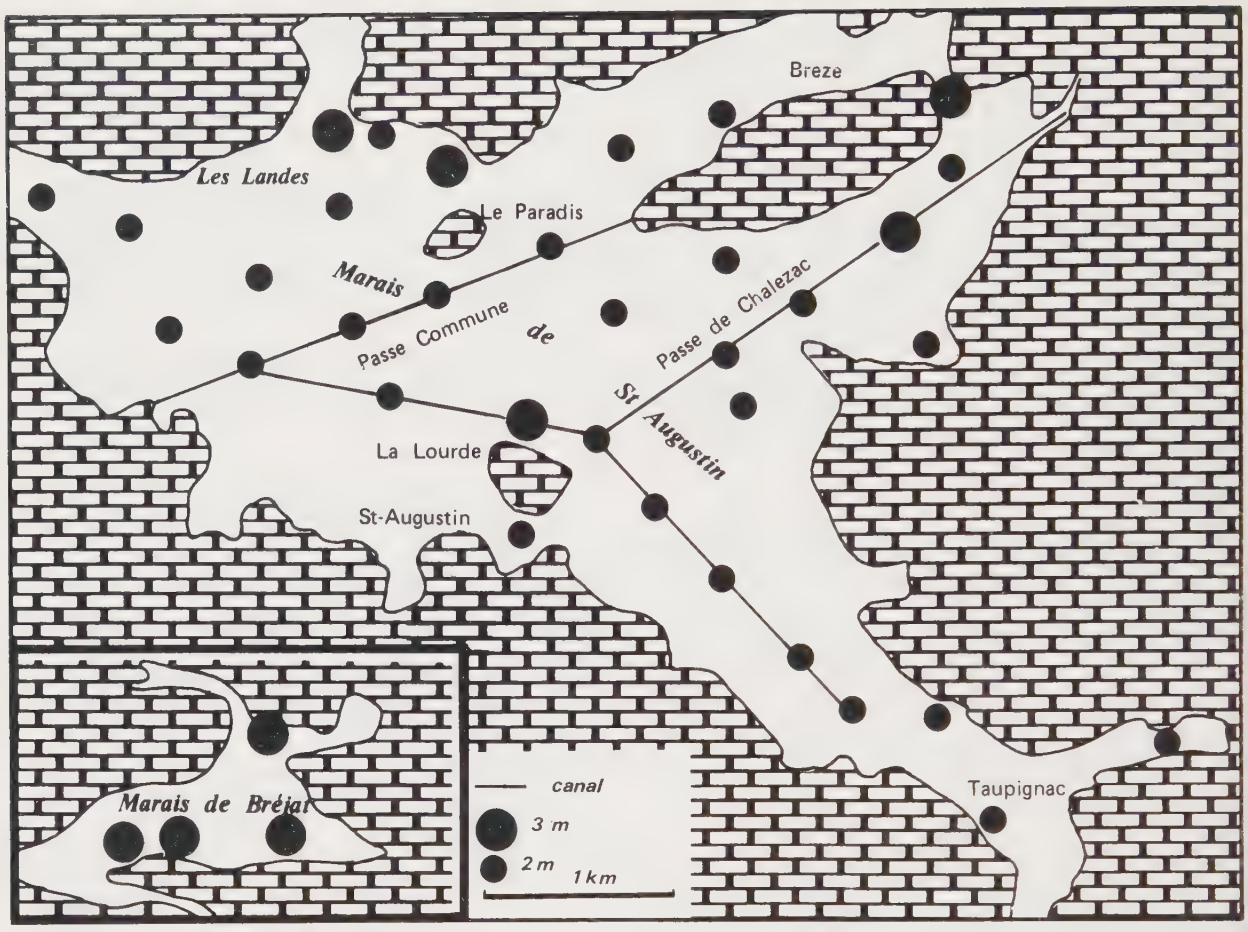


Figure 148

Cotes d'altitude dans les marais de Saint-Augustin et de Bréjat

(cartes à 1/25000 Tour de Cordouan 3-4, Royan 1-2)

18,6 % du total concernent presqu'exclusivement les routes d'accès.

En bordure du marais, sur l'île de Brèze, C. GABET (1968) a identifié un site à sel qu'il situe à un peu moins de 2 m NGF.

Le relevé de 214 cotes de marais (aimablement communiquées par l'E.D.F.), permet d'observer que l'altitude modale de ce marais de Saint-Augustin est très basse : 1,50 à 1,60 m NGF, 90,4 % des cotes étant comprises entre 1,30 et 2,00 m *(figure 149).*

La répartition de ces cotes, situées entre le Moulin de Taupignac (Breuillet) au sud-est et les ruines des Landes (Les Mathes), montre une série de segments d'altitudes assez différentes. Le marais proche de Taupignac se situe vers 1,60 m à 1,80 m, avec certains secteurs déprimés vers 1,40 m à 1,60 m, l'altitude moyenne de 30 cotes au sud du CD 242 étant de 1,74 m ; sa disposition d'ensemble est celle d'un marais conforme, légèrement incliné vers le nord-ouest. Le marais qui fait suite au nord-ouest, jusqu'à la Passe de Chalezac comporte des altitudes variant de 1,32 m à 1,88 m avec une moyenne de 1,58 m pour 79 cotes ; il ne présente guère d'inclinaison bien nette, s'il est situé en moyenne en contrebas du précédent. Entre la Passe de Chalezac au sud et la Passe Commune au nord, l'altitude moyenne du marais est aussi de 1,58 m pour 24 cotes. Le marais d'Arvert, au nord, se relève quant à lui très rapidement : 1,68 m d'altitude moyenne. La considération des altitudes moyennes indique donc un marais déprimé en son centre, à proximité des axes de drainage principaux.

L'observation des photographies aériennes (mission IGN - FR 760 - 150, nº 1339 à 1341) contrôlées sur le terrain montre que la partie centrale du marais de Saint-Augustin est parcourue par un vaste chenal mort situé entre 1,30 m et 1,50 m qui serpentait jadis à travers des prises de marais dont les digues ont été arasées entre l'île de Brèze et le bois de Breuil.

La mise en place de façon conforme du marais de Saint-Augustin s'est donc faite en relation avec le tracé des chenaux de marée *(figure 120),* comme le montre le profil topographique *(figure 150).* Le colmatage a commencé par la périphérie de cette baie, alors ouverte vers la Gironde et a pu atteindre 1,70 m d'altitude moyenne (1,74 au sud, 1,68 au nord). La partie centrale a ensuite connu le développement d'un système de chenaux très contournés, comparables à ceux des marais de Muron ou du chenal de la Paillerie dans le marais de Brouage *(cf. ci-dessus figure 105).* Le colmatage s'est terminé à des cotes voisines de 1,50 à 1,60 m, les parties les plus déprimées du profil, correspondant à des tronçons de chenaux morts étant situées vers 1,30 à 1,40 m. Eu égard à la situation très abritée du marais de Saint-Augustin, le colmatage a dû y être relativement

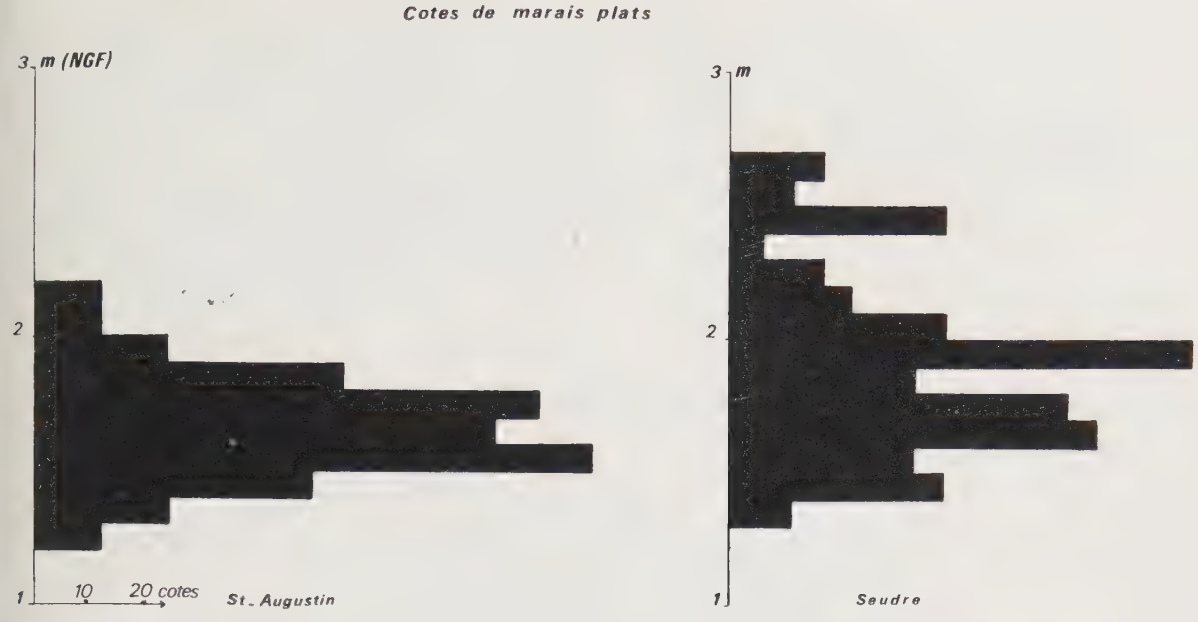


Figure 149

Histogrammes d'altitudes des marais de Saint-Augustin, de la Seudre (La Tremblade - Marennes)

rapide et une invasion très brutale des sables sur la passe qui le reliait à la Gironde peut rendre compte de ses altitudes remarquablement basses. (C. GABET, 1970, p. 37 et supra, p. 87).

En effet, ce marais tributaire de la Gironde est situé entre 0,50 et 1 m en-dessous du niveau des autres Marais Charentais. Ce fait correspond-il à une haute slikke qui n'a pas eu le temps d'évoluer en schorre, ou se trouve-t-il en équilibre avec les niveaux atteints par les pleines mers dans la région ?

Les cotes atteintes par la marée à Cordouan sont les suivantes *(tableau 28)* :

Ce tableau montre que les cotes atteintes dans le marais de Saint-Augustin sont situées entre le niveau des pleines mers de vive eau et de morte eau, à peu près à l'altitude atteinte par les pleines mers moyennes.

Dans la région de Royan, des nivellements par stéréophotogrammétrie ont été effectués à travers les marais de Pousseau et de Belmont. Bien que la précision des cotes ainsi obtenues ne soit pas comparable à celles des nivellements au sol, l'erreur maximale ne dépasse pas le décimètre.

	PMVE	PMME	NM	BMME	BMVE	BMVEE
1	4,96	3,85	2,79	1,76	0,70	0
2	2,25	1,14	0,08	-0,95	-2,01	-2,71

Tableau 28

Niveaux atteints par la marée à la Tour de Cordouan, exprimés par rapport au zéro des cartes marines (1) et par rapport au zéro NGF (2).

- Correspondance selon S.H.O.M., 1933 (-2,71 m) à Cordouan.
- Valeurs tirées de ROLLET DE L'ISLE, 1912, in COURTIER, 1934.

La moyenne de 244 cotes dans le marais de Pousseau s'établit à 2,20 m d'altitude. Quant au marais de Belmont, 128 cotes admettent 1,96 m comme altitude moyenne. Dans ces deux marais, c'est vers 1,35 à 1,45 m que se situent les régions les plus basses, alors que les levées de bordure de fossé atteignent généralement 2,40 m,2,60 m.

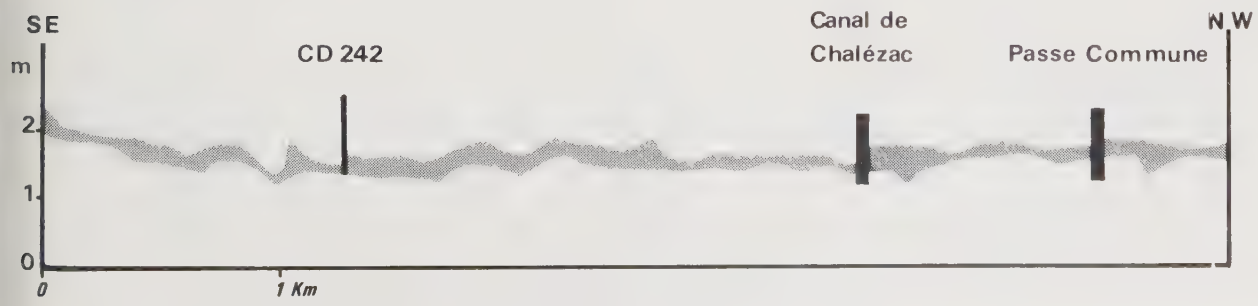


Figure 150

Cotes extrêmes au sud-est des marais de St-Augustin

Les cotes atteintes par les pleines mers à Royan sont les suivantes *(tableau 29)*.

Ces deux marais se situent à des altitudes voisines de celles des PMVE, donc au-dessus de celui de Saint-Augustin. On peut donc avancer l'hypothèse que les marais de la presqu'île d'Arvert ont vu leur sédimentation interrompue par l'invasion dunaire : dans la partie centrale, le marais semble dériver plutôt d'une haute slikke que d'un schorre mûr.

	vive eau extraordinaire	vive eau moyenne	morte eau moyenne
1	5,60	4,90	3,80
2	2,77	2,07	0,97
3		5,00	4,00
4		2,17	1,17

Tableau 29 :

Cotes CM des pleines mers à Royan,
d'après «Ports maritimes de France», en mètres.
Cotes au-dessus du zéro de l'Annuaire et des cartes en 1.
En 2, cotes au-dessus du zéro NGF, correspondance d'après SHOM, 1933
(le zéro NGF est à + 2,83 CM à Royan).
En 3, cotes d'après MANEN, 1874 (in COURTIER, 1934)
et correspondance NGF en 4.

II - LE MARAIS DE LA SEUDRE.

Trois profils topographiques y ont été réalisés, sur les tracés du pont de l'Eguille en amont, d'une ligne à haute tension près de la Tremblade, dans la partie centrale (Nieulle-sur-Seudre) enfin.

1) A l'embouchure de la Seudre, les marais plats bordant le «coteau calcaire» au sud sont situés entre 1,95 et 2,10 m avec des bosses de curage ou des chemins atteignant 3,00 à 3,50 m ; les prés compris entre les claires et les sables qui portent la forêt de la Tremblade sont situés aussi entre 1,90 et 2,10 m. Aucune cote n'a été relevée dans les claires séparées par des diguettes élevées de 2,70 à 3,30 m en bordure de Seudre : cette rive gauche présenterait donc une disposition de type conforme vers la Seudre, puisque ce terme s'applique aux marais à pente nulle.

Au nord, la disposition est plus contrastée, comme les paysages eux-mêmes, puisque les marais gâts, marais plats et claires se succèdent le long de ce profil réalisé par l'E.D.F. Si la digue de la Seudre atteint aussi 3,30 m, le pré au nord atteint 2 mètres et l'altitude moyenne

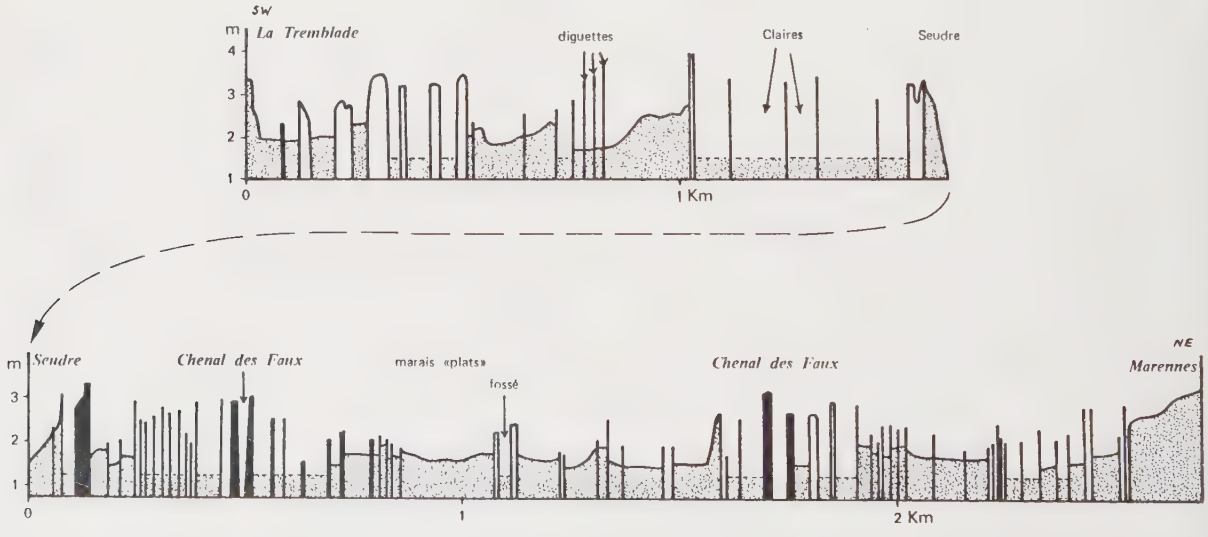


Figure 151

Profils topographiques à l'embouchure de la Seudre

Les traits verticaux minces représentent les diguettes entre claires, les traits épais les digues de marais salants ou de bordure de chenaux.

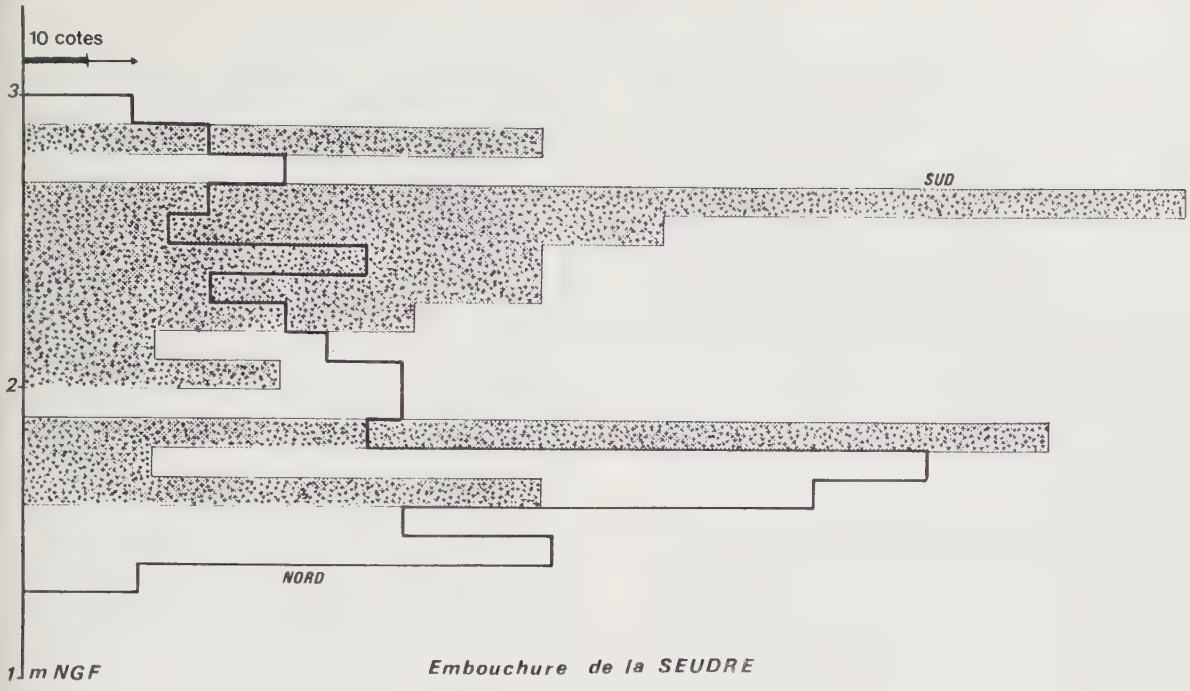
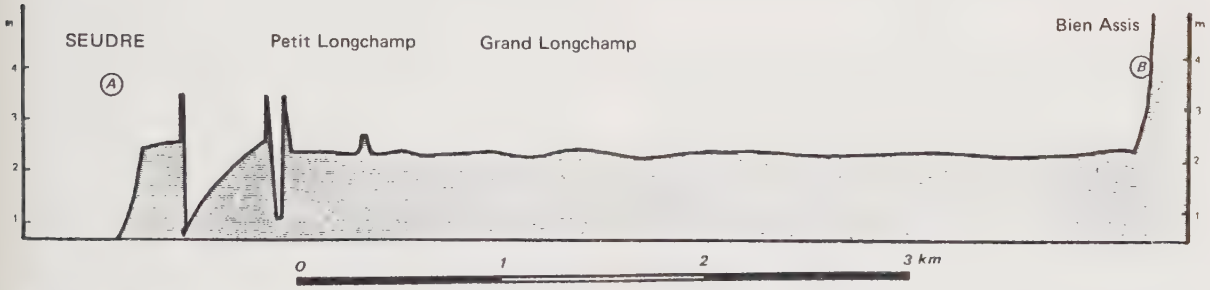


Figure 152

Dissymétrie des altitudes des marais à l'embouchure de la Seudre.



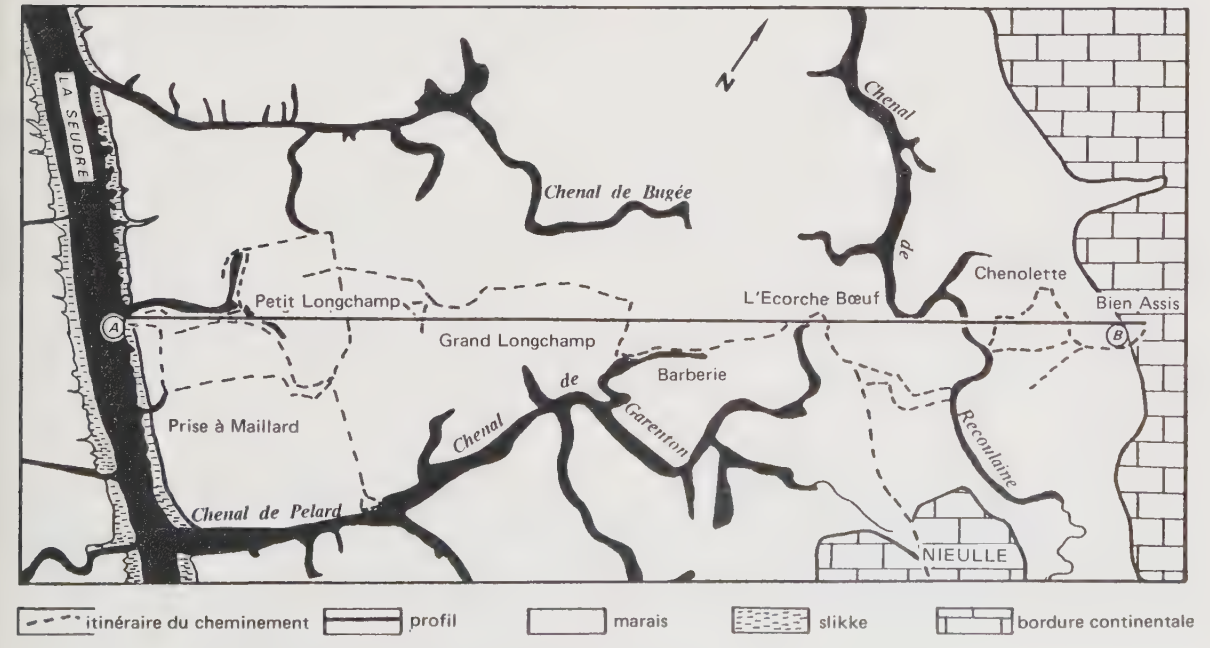


Figure 153

Profil des marais de Nieulle sur Seudre

dans la prise au sud du chenal des Faux est de l'ordre de 1,50 m (1,60 à 1,70 au nord de ce chenal), pour remonter vers 1,70 à 1,80 m en bordure de la presqu'île de Marennes. Ce marais des Faux, comme celui de Saint-Augustin présente donc une disposition conforme vers le chenal des Faux, à l'échelle de 1/50 000, mais légèrement contraire en direction de la Seudre à une échelle plus grande, puisque les altitudes s'élèvent de 1,70 m à 1,80 m près de Marennes à 2 m près de la Seudre *(figure 151)*. Cette disposition peut se comparer à la situation actuelle du banc de Ronce les Bains : lorsqu'un chenal s'établit parallèlement au front de progression du schorre (le chenal des Faux dont le cours est sensiblement nord-ouest/sud-est alors que le marais progresse vers le sud-ouest), les laisses de pleines mers s'effectuent sur la rive «marine» du chenal, et un wadden à disposition contraire s'établit : F. VERGER (1968, p. 296) a décrit ce phénomène d'extension du schorre par vagues successives.

La rive droite de la Seudre montre donc au sud de Marennes un marais en disposition contraire, intégrant une disposition conforme subordonnée de part et d'autre du chenal des Faux ; le marais des Faux ayant des altitudes inférieures à celles du marais de la Tremblade met en évidence une certaine dissymétrie des formes de part et d'autre de la Seudre. Enfin, les deux rives de la Seudre sont dissymétriques, la rive gauche (sud) étant plus élevée que la rive droite (nord) : *figure 152* ; l'influence des vents dominants de nord-ouest sur la sédimentation en est sans doute responsable.

2) Dans la région de Nieulle-sur-Seudre, le profil établi en 1976 en compagnie de M. REUX, montre que les marais présentent une disposition d'ensemble conforme avec une pente très faible en direction de la mer (2,20 à 2,30 m près de Bien Assis, 2,10 à 2,20 m dans la Prise du Petit Longchamp). Cette disposition cache une variété d'aspects tout à fait remarquable. La *figure 153* montre que le profil étudié traverse le «bassin» du chenal de Recoulaine, puis court à égale distance entre les chenaux de Pélard et de Garenton au sud-est, le chenal de Bugée au nord-ouest. Les prises de Chenolette et de l'Ecorche Bœuf montrent une disposition conforme par rapport au chenal de Recoulaine, alors que les altitudes descendent ensuite dans la prise de Barbezie en direction du chenal de Garenton ; l'allure ondulée du profil, dans la prise du Grand Longchamp s'explique bien par la multitude de chenaux de marée anciens que l'on y rencontre. Près de la Seudre, alors que les claires sont établies sur un schorre dont les altitudes varient de 2,40 à 2,50 m, la prise à Maillard est très déprimée : 1,80 à 1,50 m au nord, 0,60 m au sud près de la digue qui atteint 3,20 à 3,40 m : cette prise fut donc conquise aux dépens d'une slikke et non d'un schorre comme la plupart des autres prises traversées par le profil.

3) En amont de l'Eguille, le profil réalisé pour la construction du pont de l'Eguille montre que la rive droite de la Seudre présente une disposition conforme (2,63 m au nord et 2,48 m près de la rivière).

Ces trois profils topographiques montrent donc que les cotes des marais plats s'inclinent, dans l'ensemble en direction du chenal le plus proche, qu'il s'agisse de la Seudre ou du Chenal des Faux. Les altitudes les plus basses sont voisines de 1,50 à 1,70 m ; les altitudes les plus élevées atteignent 2,30 à 2,50 m à la fois dans les marais d'Eguille et sur les diguettes des claires au sud de Nieulle sur Seudre. L'ensemble des marais présente donc une très légère pente vers la mer. Cette conclusion doit cependant être nuancée, d'une part en fonction de l'échelle d'observation et d'autre part en considérant les autres formes d'aménagements, bassins pour le sel, marais à poissons, claires à huîtres : les marais d'Oléron et de Brouage constituent un cadre propice à une telle démonstration.

III - L'ALTITUDE DES RÉGIONS DE MARAIS GATS : OLÉRON, BROUAGE

Ces régions se caractérisent par la présence d'une série d'exploitations salicoles abandonnées, de marais à poissons et de claires à huîtres. Quelle peut être l'altitude originelle du marais dans ces régions marquées par des dénivelées d'origine anthropique ?

1) Altitudes «reconstituées» et altitudes observées :

Une première méthode de recherche consiste à niveler topographiquement le secteur, en supposant la terre des bossis répandue dans les bassins : on obtient ainsi des altitudes «reconstituées». Leur valeur reste approchée, car les bassins ont été le lieu d'une forte sédimentation chaque hiver, et si les sédiments ainsi déposés étaient transportés sur les bosses, une partie a pu être rejetée dans les chenaux par les sauniers et «recyclée». D'autre part, si le bri des bassins est humide et de couleur bleu-noir, le bri des bosses est remarquablement compact en raison du tassement intensif dont il a été l'objet. Enfin, les exploitations salicoles sont composées de bassins de dimension et de profondeur variables, qui ont pu être réaménagées à différentes époques, et dont il n'est pas toujours aisé de retrouver sur le terrain les contours successifs.

Selon le type de nivellement auquel on a affaire, les cotes reconstituées peuvent être de qualité différente. Dans le meilleur des cas, on dispose d'au moins une cote par bossis et de deux cotes par bassin ; les dimensions de l'exploitation étant connues, on établira **une altitude reconstituée moyenne pondérée** en affectant la cote du bossis de sa largeur et la moyenne des cotes du bassin à sa largeur : l'altitude ainsi obtenue devrait être très proche de celle du marais originel, sous les réserves exposées plus haut. Mais assez souvent, des nivellements moins systématiques retiennent seulement quelques cotes sur les bossis et dans les bassins, et la **cote moyenne** obtenue (somme des cotes relevées divisée par le nombre de cotes) est tout à fait approximative, sauf lorsque bossis et bassins ont la même largeur, cas réalisé seulement dans les métières.

Une seconde méthode consiste à ne retenir que les altitudes mesurées dans les régions qui ne portent pas de traces de marais salants : les **marais plats** dont on sait qu'ils criblent littéralement la surface du marais de Brouage (cf. p. 136). . Les problèmes méthodologiques sont alors simplifiés.

Une dernière méthode consisterait à supposer que la nappe d'eau dans les marais est horizontale et à relever les altitudes des différentes parties du marais au-dessus de cette nappe d'eau. Le bri étant un matériau imperméable, il y a pratiquement indépendance hydrologique entre les bassins, les chenaux morts, certains fossés et les canaux principaux. Ainsi, des relevés effectués dans la partie centrale du marais de Brouage, entre Bellevue et Saint-Just, ont montré par exemple le 30 septembre et le 1er octobre 1973 que le niveau d'eau dans les jas se relevait en direction de la région des Gémeux, et se situait

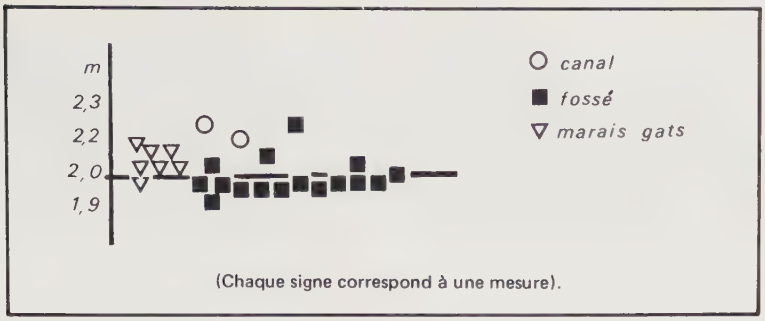


Figure 154 :

Altitudes de l'eau dans le Marais de Brouage
(30 septembre - 1er octobre 1972)

10 à 15 cm en moyenne au-dessus du niveau de l'eau dans les fossés *(figure 154).* Ce niveau varie lui-même de 1,90 m au sud à 2,16 m à 5 km plus loin vers le nord (pente de 0,005 %) : il serait donc en partie illusoire de s'appuyer sur la nappe d'eau des fossés pour établir une inclinaison des marais sur une vaste région, mais une telle méthode peut être utilisée sur quelques dizaines de mètres le long d'un même fossé.

Les altitudes observées dans les marais plats sont cependant assez souvent différentes des altitudes moyennes reconstituées. Ainsi, dans l'île d'Oléron, au Château d'Oléron, les cotes observées dans le marais plat «Sartière de la Bordelinière» varient autour de 2,17 m NGF alors que l'altitude moyenne reconstituée dans le marais gât de la «Prise du Coin de la Chevalerie» est de 1.95 m. Cette différence d'altitude est due à ce que la Prise a été privée de sédimentation et s'est davantage tassée par suite du drainage, alors que les grandes marées couvraient encore la Sartière. La Prise se trouve au niveau des pleines mers de morte eau moyenne du Château d'Oléron (BONNEAU, 1885). Dans le marais de Brouage, les différences d'altitudes calculées suivant ces deux méthodes sont portées sur le *tableau 30.*

On observera que la différence d'altitude est d'autant plus grande en valeur absolue que la prise se situe plus près de la mer ou du chenal d'alimentation, donc dans des régions qui ont été occupées plus tardivement. Peut-être est-ce un indice d'aménagement de wadden de moins en moins élevés au fur et à mesure du développement du commerce du sel, ou d'un creusement plus important des bassins, pour tenter de récolter davantage ? Néanmoins, l'inclinaison de certains secteurs du marais s'esquisse sur ce tableau, tant vers la mer (Tour de Broue, Pont de Peurot, Loubresse) qu'en direction du chenal de Brouage (Gemeux, Loubresse) ou vers le continent près du canal de Mérignac au sud (Les Auneaux, Saint-Just).

	Altitudes en mètres		
	reconstituées	observées	différence
Tour de Broue	2,45	2,45	0
Saint Agnant	2,47	2,41	0,06
Pont de Peurot	2,46	2,40	0,06
Saint Just	2,19	2,10	0,09
Les Auneaux	2,43	2,34	0,09
Les Tublats	2,23	2,35	-0,12
Loubresse	1,96	2,20	-0,24
Petit Gemeux	2,10	2,35	-0,25

Tableau 30

Altitudes reconstituées dans les marais gâts et altitudes observées dans les marais plats du bassin de Brouage.

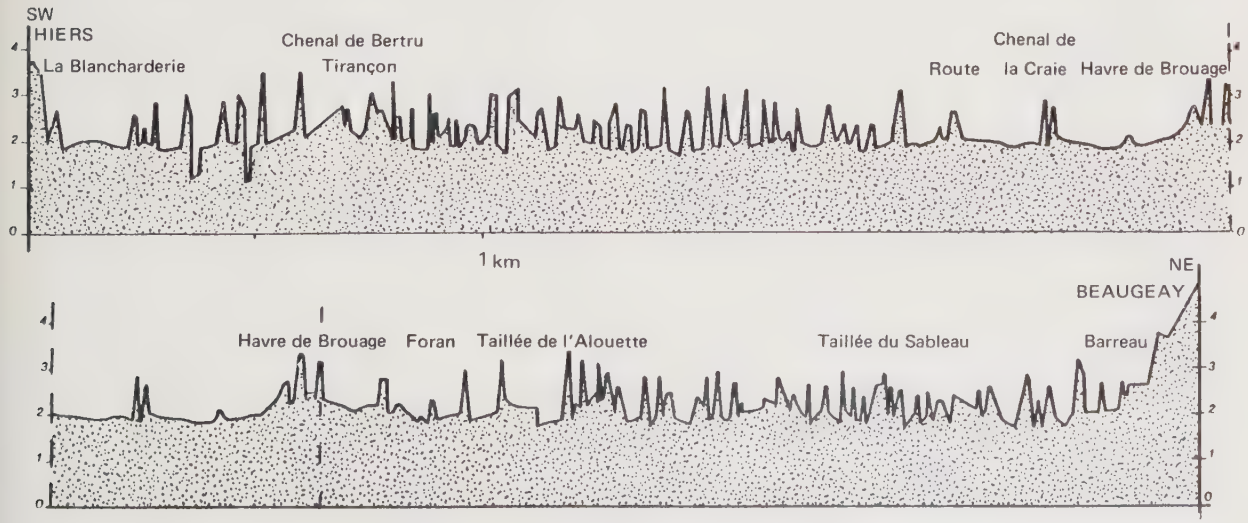


Figure 155 :

Profil topographique dans le Marais de Brouage, entre Hiers et Beaugeay

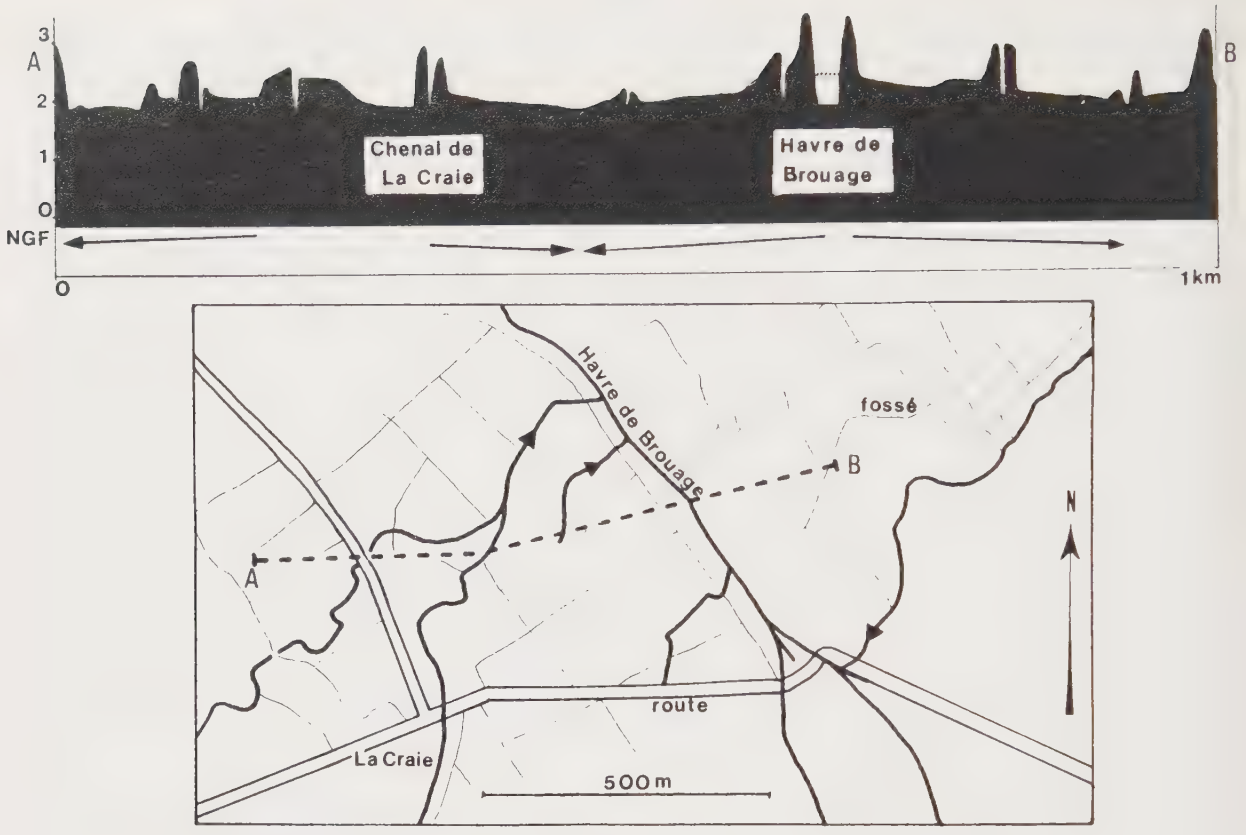


Figure 156 :

Disposition topographique de part et d'autre du Havre de Brouage

2) La disposition topographique du marais de Brouage.

Elle peut être recherchée à partir du réseau assez dense de nivellements de précision qui y a été établi *(figure 131)*. On se fondera de préférence sur les cotes de marais plats qui, bien que discontinues dans l'espace, semblent plus proches de l'altitude originelle du marais. Entre Hiers et Beaugeay, sur plus de 350 cotes, 58 seulement concernent les marais plats, concentrés pour l'essentiel près du Havre de Brouage. Ce profil *(figure 155)* à peu près perpendiculaire au tracé du chenal principal donne une image de la disposition du marais en aval des écluses de Beaugeay, disposition que l'on pourra ensuite comparer à celle des marais entre Saint Just et Saint Jean d'Angle *(figure 157)*.

Le profil Hiers-Beaugeay montre que les altitudes des marais varient peu, et sont comprises entre 1,80 et 2,20 m environ : 1,97 m près du Havre de Brouage ; 1,80 à 1,90 m près de Beaugeay. Ainsi apparaît un marais de type convexe, déprimé près de ses bordures continentales et relevé dans sa partie centrale, mais une étude plus détaillée amène à nuancer cette impression. La *figure 156* établie dans les marais plats de part et d'autre du Havre de Brouage montre que cette bande centrale présente une double disposition en toit, les «arêtes» formées par les chenaux de la Craie et de Brouage atteignant 2,10 à 2,20 m ; la région déprimée se situe vers 1,90 m, altitude même du marais près de Beaugeay et d'Hiers. De part et d'autre du chenal de Tirançon, les altitudes reconstituées dans les marais gâts atteignent 2,11 m, les marais plats 2,20 m près du chenal et 1,97 m près de l'île d'Hiers. Cette disposition contraire du marais (par rapport aux chenaux d'alimentation) se retrouve d'ailleurs sur le profil tracé entre Saint Just et Saint Jean d'Angle.

Le profil Saint Just - Saint Jean *(figure 157)* présente dans sa partie centrale une coïncidence satisfaisante avec les cotes relevées lors du cheminement Tour de Broue - Brouage. Près de l'île Marteau, les marais plats

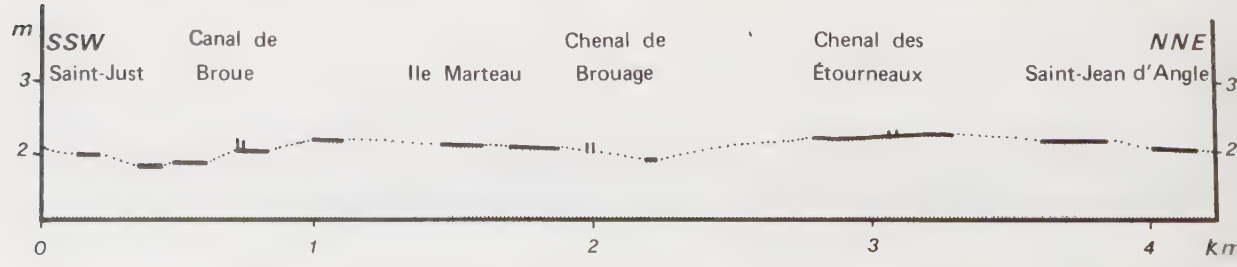


Figure 157 :

Profil topographique entre Saint-Just et Saint-Jean d'Angle.

atteignent 1,95 à 2,10 m et 2,10 à 2,20 m près des chenaux de Brouage et des Etourneaux, 2,10 m près de Saint Jean d'Angle. Les altitudes sont plus voisines que dans la partie aval, mais se relèvent néanmoins près des anciens chenaux de marée ; des cotes voisines de 1,80 m existent en site d'interfluve entre le chenal des Pibles et le chenal du Port des Moines à Saint-Just.

Le marais de Brouage présente néanmoins une inclinaison générale vers la mer. Les parties les plus internes : régions de Saint-Sornin au sud-est, de Saint-Agnant à l'est et de Moëze au nord, semblent plus élevées : 2,40 à 2,55 m ; une pente sensible s'observe dans les premiers kilomètres en avant de la bordure continentale, les cotes supérieures à 2,10 - 2,20 m étant pratiquement exclues des rivages du Havre de Brouage en aval de la zone de confluence de Bellevue. Des nivellements complémentaires ont mis en évidence quelques secteurs relativement plus élevés, en bordure du marais (vers Moëze au nord 2,65 m, Saint-Agnant 2,50 m) ou au contraire en plein milieu du marais (Gémeux 2,40 m).

Dans une sorte de triangle central limité par les Tublats à l'ouest, Malaigre au nord et l'île Marteau au sud, les marais plats atteignent 2,20 à 2,30 m d'altitude. Ce secteur correspond pour l'essentiel à la zone à grands chenaux rectilignes reconnue dans l'étude des chenaux (p. 170). Dans la bande centrale, de part et d'autre du Havre de Brouage, la disposition contraire est marquée transversalement dès les écluses de Beaugeay mais des secteurs d'altitude variable se succèdent longitudinalement : les secteurs les plus déprimés sont situés à l'ouest de Bellevue, dans les prés du Grand Matton (1,80 m) alors qu'à l'est les cotes atteignent 2,10 m. Puis, en avant des digues, le schorre présente une pente assez forte, passant de 2,50 m au nord-ouest de Brouage à 2 m en face du Grand Garçon et 1,80 m face au Coureau ; les prés du Tapis Vert, au sud, se situent entre 1,50 m près du Havre et 2,20 m à proximité d'Hiers.

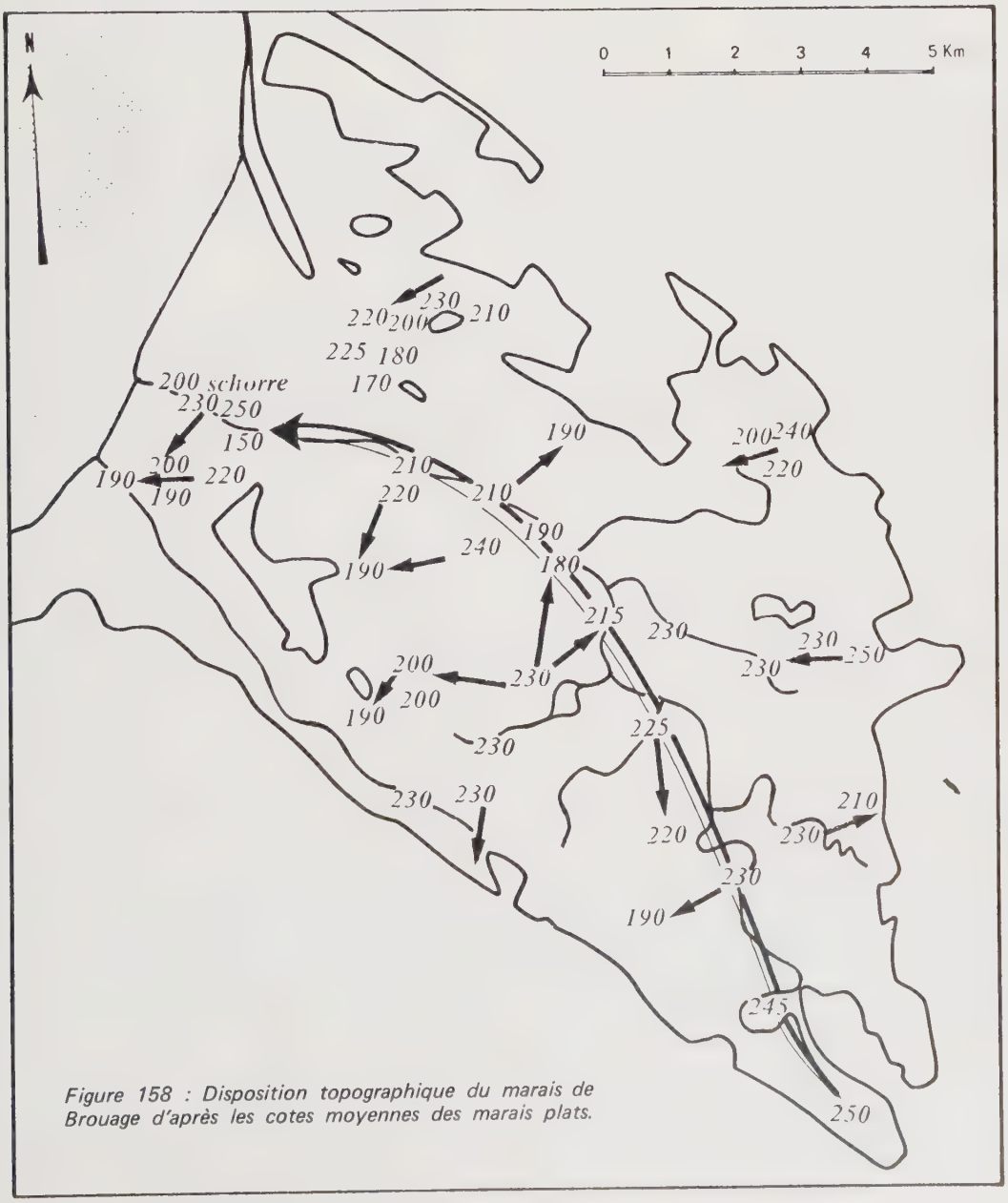


Figure 158 : Disposition topographique du marais de Brouage d'après les cotes moyennes des marais plats.

Le nombre de cotes ainsi rassemblées n'est pas suffisant pour dresser une carte en courbes de niveau. Cette carte d'ailleurs serait toute théorique, car même si on disposait d'un canevas de cotes également réparties, les cotes de marais gâts et celles de marais plats n'ont pas la même valeur ; une carte limitée à une seule catégorie de cotes serait de toute façon partielle. En fonction des cotes moyennes des différents secteurs de marais plats, on a pu établir un croquis des pentes observées dans le marais de Brouage (figure 158), abstraction faite des zones de marais salants et du tracé des chenaux le long desquels on ne dispose pas de cotes.

Les marais maritimes ne sont donc ces zones uniformément horizontales que l'on se plaît à y voir, qu'à l'échelle des cartes usuelles. A un niveau taxonomique différent, c'est un monde de pentes très faibles certes, mais suffisantes pour que les dénivelées apparaissent. La disposition conforme d'un marais en fonction de la mer peut être valable à l'échelle du marais tout entier, mais sa disposition réelle au niveau taxonomique inférieur est plus nuancée, puisque ses différentes parties ont une disposition conforme ou contraire, en fonction du chenal d'alimentation.

Le niveau taxonomique auquel on étudie les cotes du marais doit donc être précisé dans l'expression qui permet de les caractériser.

IV - L'ESTUAIRE DE LA CHARENTE.

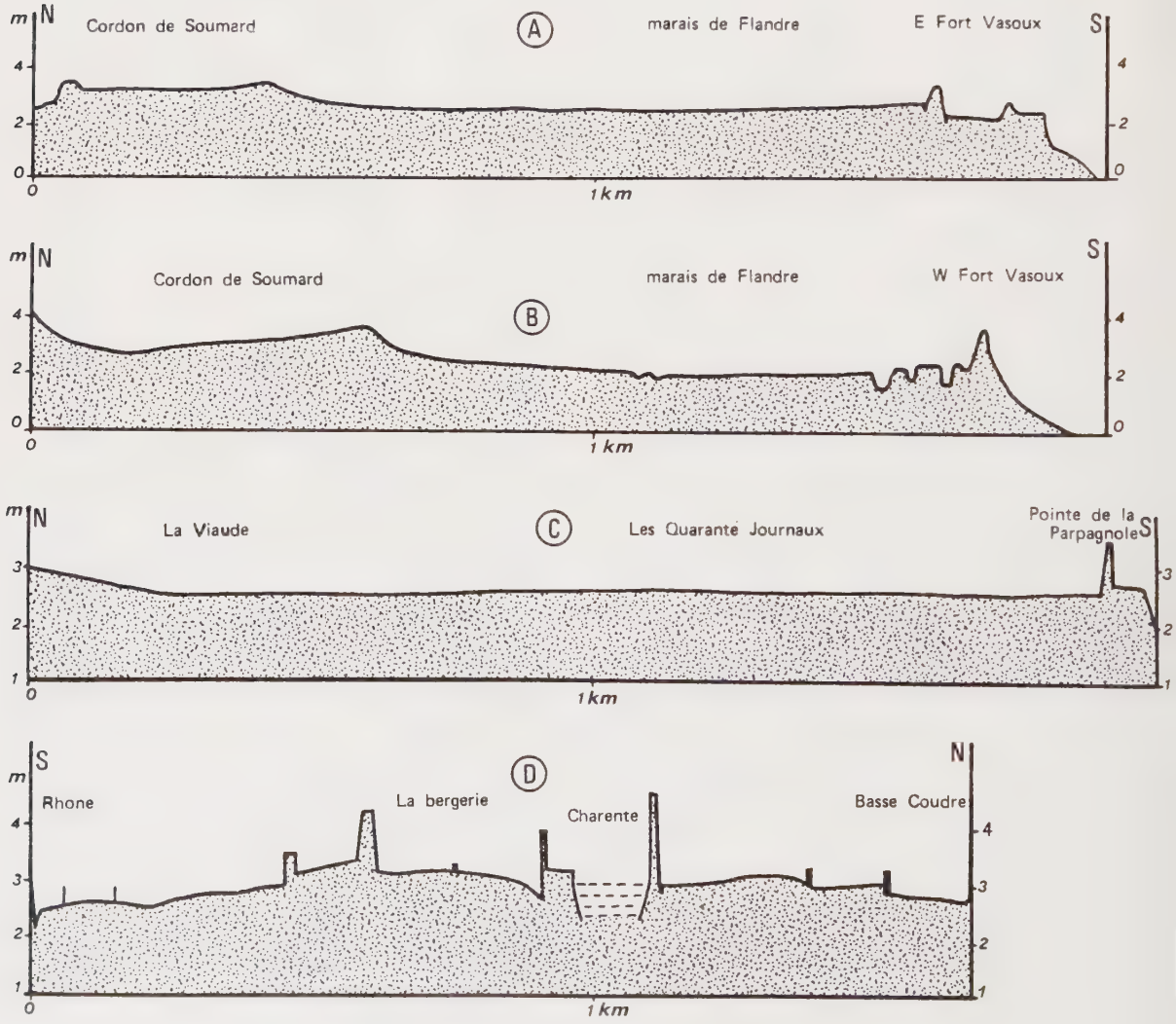


Figure 159 :

Profils topographiques dans les marais de l'estuaire de la Charente

La disposition topographique de ces marais a été étudiée à partir des profils effectués en 1969 et 1976 et des clichés infrarouge de 1964. Sur photographies aériennes infrarouge, en faisant abstraction de l'influence de la végétation, une zone est d'autant plus noire qu'elle absorbe mieux l'infrarouge donc qu'elle est plus humide : cette hypothèse classique, nuancée lors d'une étude préliminaire (R. REGRAIN, 1971 b) a pu être vérifiée lors des campagnes topographiques.

Au sud de Saint-Laurent de la Prée, les clichés infrarouge montrent des différences de netteté dans le tracé des anciens chenaux de marée ; on avait associé cette disposition à «une topographie pratiquement horizontale, très légèrement inclinée vers le sud» (p. 31). Relevée dans les marais de Soumard, cette disposition a été confirmée par le profil *figure 159 A*. De plus, la remontée des altitudes du marais en direction de la Charente, suggérée par les teintes des clichés infrarouge et par le tracé des chenaux de marée, en partie parallèles à la Charente *(figure 116)* a été confirmée par les profils topographiques. Cette disposition caractérise les marais entre Soumard et Saint-Laurent ; on concluera donc que les marais de cette région présentent :

une disposition d'ensemble conforme, en direction de la Charente (2,50 m au nord, 2,30 à 2,40 m au sud).

dans le détail et en liaison avec le réseau des chenaux de marée, des dispositions élémentaires conformes ou contraires *(figure 159 B)*. La disposition des marais à l'embouchure de la Charente rappelle donc celle des marais de la Seudre.

Plus en amont de Rochefort, un profil effectué entre la ferme de Rhône à Saint-Hippolyte et la Basse Coudre à Tonnay-Charente montre deux marais juxtaposés de part et d'autre de la Charente : un marais contraire près de Rhône (2,50 à 2,90 m) ainsi que près de Tonnay Charente (2,80 à 3,00 m), un marais conforme tout près de la Charente *(figure 159 D)*.

La disposition contraire des marais de Rhône et de Tonnay est liée aux divagations de la Charente. La présence d'une dépression vers 2,40 m près de Rhône est sans doute le témoignage d'un ancien chenal de débordement de la Charente, dans un secteur actuellement artificiellement aplani. Cette hypothèse permettrait de comprendre la disposition contraire du marais. Dans un premier stade, en fonction de ce «chenal de Rhône», se met en place un marais conforme incliné vers ce chenal ; dans un second stade, le chenal de Rhône étant oblitéré, une levée de débordement s'installe, progressant d'autant mieux qu'elle est située sur le lobe convexe d'un méandre ; digues et chemins s'appuient sur cette levée naturelle. La Charente une fois canalisée, un autre marais conforme s'installe, plus élevé en moyenne sur la rive sud convexe que sur la rive nord : 3,20 m au lieu de 3,00 m. Les dernières digues, qui atteignent 4,60 m vers Tonnay Charente laissent peu de place au passage de l'onde de la marée dynamique et le flot ainsi artificiellement surélevé installe un schorre à plus de 3,20 m N.G.F. L'endiguement a donc contribué à créer un marais contraire au sud (2,60 à 3,10 m) si l'on excepte la région proche de la digue : les débordements de la Charente soulignent d'ailleurs ce fait.

Les marais de l'estuaire de la Charente présentent donc dans l'ensemble une disposition conforme, cette dernière intégrant des aspects locaux souvent contraires, liés au tracé des chenaux et en amont à de possibles levées alluviales. Ainsi la Charente apporte une nuance dans le schéma que la Seudre et le bassin de Brouage suggéraient ; la surélévation locale du schorre constitue d'autre part un témoignage précieux pour la prise en compte des phénomènes de marée dans l'étude des cotes d'altitude.

V - LES ALTITUDES DU MARAIS DE ROCHEFORT

La variété des paysages du bassin de Rochefort s'inscrit entre de nombreuses îles souvent prolongées par des cordons littoraux qui constituent le cadre géologique où s'est effectué le colmatage. On conçoit ainsi que les milieux et les formes de sédimentation aient pu y être très variés ; d'autre part, un paysage classique des marais mouillés s'étend sur la bordure nord de ce marais et on associe généralement les oppositions de paysage marais mouillé / marais desséché à des différences d'altitude. Il est donc possible que les altitudes soient assez différentes d'un secteur à l'autre.

1) Les cotes des cartes à 1/25 000

Bien qu'elles ne correspondent que très rarement au sol naturel et qu'elles soient arrondies au mètre, les cotes portées sur les cartes au 1/25000 donnent une image des altitudes des marais littoraux. La carte *(figure 160)* montre que les cotes 2 mètres sont très fréquentes autour des îles de Ludène et de Liron au nord de Breuil-Magné, moins nombreuses dans l'angle est du marais et au nord-ouest près de Chatelaillon. Entre les vastes îles de Saint-Laurent, Fouras, Breuil-Magné et la presqu'île de Tonnay Charente, les marais sont plus élevés, leur altitude étant partout proche de 3 mètres ; entre Rochefort et Tonnay, les cotes 4 mètres qui sont celles des digues fermant au sud le bassin de Muron-Genouillé esquissent une sorte de «pont», dont une réplique à la hauteur de la ferme de l'Houmée unit de même les îles de Saint-Laurent et de Breuil-Magné. Ces points hauts correspondant à des chaussées utilisées pour les communications avant la fondation de Rochefort (cartes de C. MASSE). Le bassin de Rochefort apparaît ainsi comme une juxtaposition de bassins de dimensions et d'altitudes variées : les marais desséchés de l'est conservent sur leurs bordures continentales des zones déprimées, surtout au sud-est vers Fougerolle ; un vaste hémicycle, dont le centre est vers deux mètres d'altitude s'ordonne au nord de l'île de Breuil-Magné, avec deux zones déprimées presque coalescentes situées près de Liron à l'ouest, de Ludène à l'est ; une suite de cotes 2 mètres depuis Liron jusqu'à la baie d'Yves suggère une vidange de ce bassin vers l'ouest (attestée par des documents cités par A. PAWLOWSKI, 1908) et rappelée par le tracé des chenaux, (cf. *figure 114)*, la chaussée de l'Houmée limite cette zone au sud ; vers le nord-ouest les îles et cordons littoraux de Chatelaillon (Marouillet), de Voutron et d'Yves enserrent des marais dont l'altitude s'abaisse fréquemment en direction de la mer (Chatelaillon, Marouillet). On rencontre donc ici, suivant la carte à 1/25000 de véritables marais conformes, mais il ne semble pas, contrairement à ce qu'indiquaient des sondages aréolaires effectués à Genouillé près de l'île d'Albe et du Marouillet que l'ensemble du bassin de Rochefort ait une disposition conforme (ci-dessus p. 208).

Les cotes portées sur les cartes étant arrondies au mètre, l'image qu'elles donnent à l'altitude d'un marais maritime n'est-elle pas sensiblement déformée ?

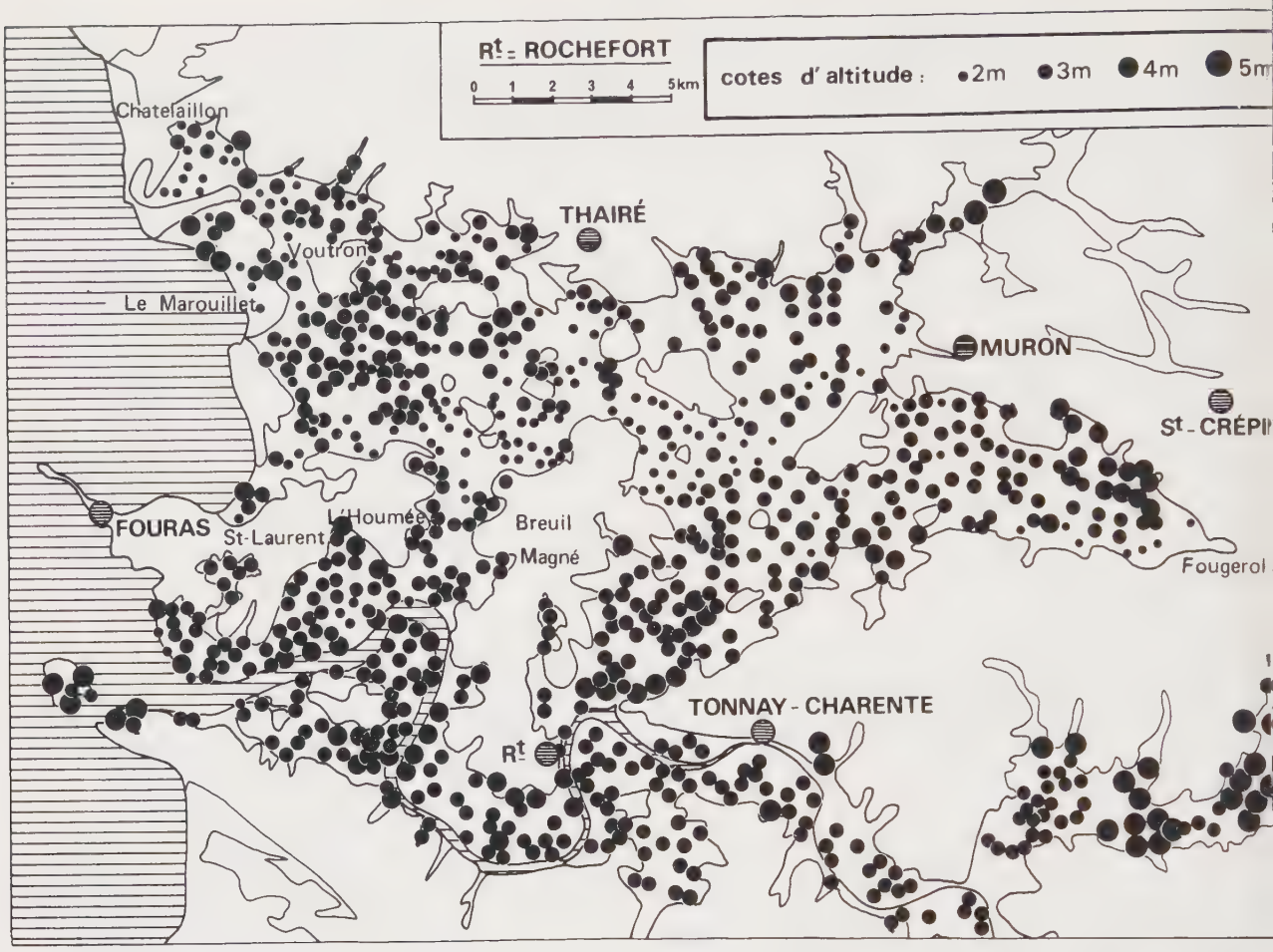


Figure 160 :

Altitudes du Marais de Rochefort,
d'après les cartes à 1/25 000

Des observations de terrain, des profils et levés topographiques effectués dans cette région permettent de préciser la disposition des différentes parties du bassin de Rochefort.

2) Intérêt de l'observation hydrologique au sol.

Le caractère horizontal de la nappe d'eau dans les fossés des marais maritimes constitue un moyen classique et rapide d'enquête à condition que les observations soient faites le même jour, dans la même cellule hydrologique et que les communications avec l'extérieur de la prise soient interrompues.

L'observation est facilitée lorsque des digues isolent le marais étudié, disposition fréquente dans le bassin de Rochefort. A Saint-Laurent la Prée, la prise dite Marais de Fouras se prête à ce type d'observation : une digue continue l'isole du marais voisin et deux routes nord/sud, perpendiculaires à l'île de Saint-Laurent permettent l'observation presque simultanée des différents niveaux. Le niveau du terrain est très proche de celui de l'eau des fossés au nord, et s'en sépare nettement au sud, le long de la route de la «Cabane de l'Ouest» : disposition conforme donc ; par contre la comparaison de ces deux niveaux le long de la route de la «Cabane de l'Est» n'indique rien de bien net ; les cotes de la carte suggèrent une disposition «contraire» avec une cote 3 m au nord et des cotes 2 m au sud ; l'existence d'une zone déprimée proche de la Cabane de l'Est nous a été indiquée par sa dernière occupante ; les mêmes observations effectuées sur les bordures sud et nord ne sont guère concluantes. Aucune disposition d'ensemble ne ressort nettement de ces observations linéaires au sol ; cela peut être dû à des causes locales, à l'existence de levées de curage le long des fossés qui gênent l'observation ou à des salines maintenant nivelées, etc...

Pourtant une dénivelée existe en particulier au nord-ouest où s'étend une zone marécageuse ; les clichés aériens panchromatiques et *a fortiori* sensibles à l'infrarouge indiquent un secteur très sombre donc très humide, observation confirmée par l'étude du tapis végétal. Quelles que soient les dispositions de détail des cotes du terrain dans ce «marais de Fouras» ces observations peuvent permettre de le ranger dans la catégorie des marais conformes, en raison de sa partie déprimée au nord-ouest vers laquelle se dirigent les eaux ; on notera cependant que l'inclinaison du terrain se fait non pas vers la mer (ici plus proche à l'ouest) mais en direction du nord-ouest, vers le chenal du Dauphin *(figure 115)* ; cependant, les cotes IGN indiquent une inclinaison vers le SE *(figure 160)*

Ainsi l'observation de l'altitude du sol par rapport à une nappe d'eau immobile constitue-t-elle une approche de l'altitude d'une prise de marais ; elle reste néanmoins seulement qualitative et assez insuffisante car elle

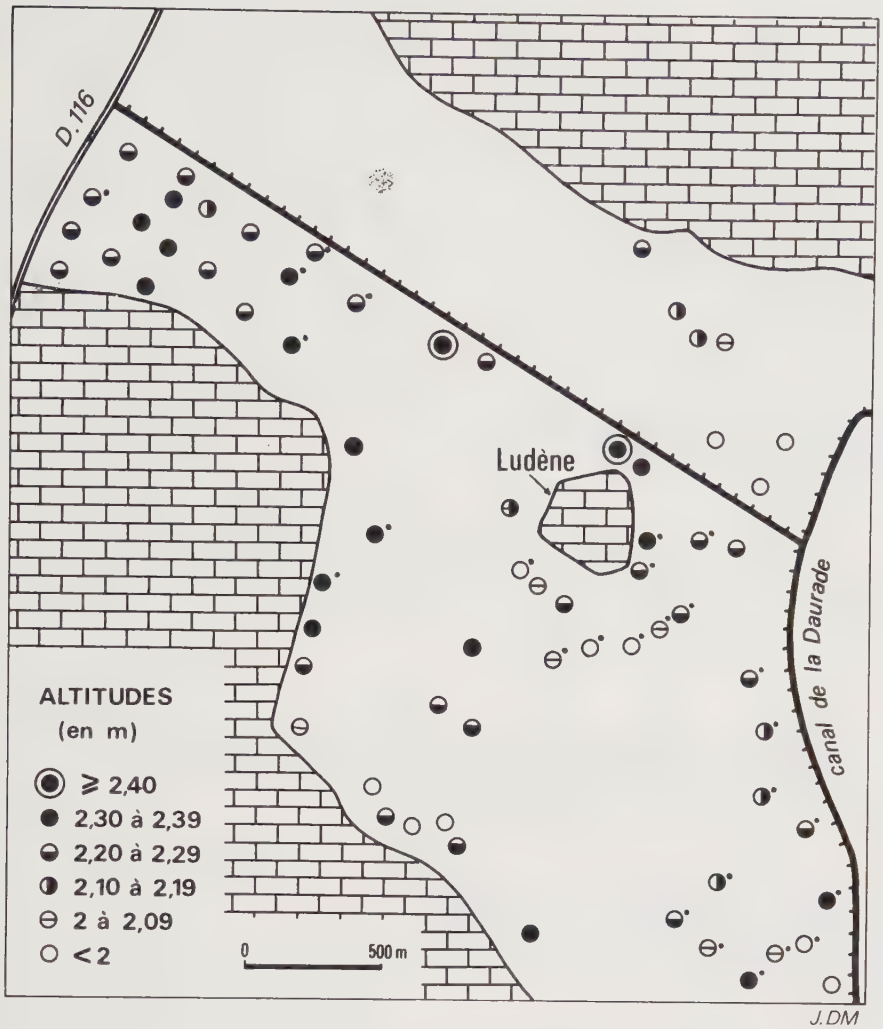


Figure 161 :
Cotes par parcelle près de Ludène

ne permet que rarement une représentation graphique des altitudes du terrain (J.Y. DESDOIGTS, 1973, p. 114).

3) Nivellements topographiques :
marais de Loiré et de Tonnay-Charente

Les cotes de la carte à 1/25000 suggèrent l'existence d'une zone basse proche de Ludène, où l'altitude du terrain est partout voisine de la cote atteinte par la nappe phréatique. Des nivellements ont été effectués dans ce secteur par l'E.D.F. et l'U.N.I.M.A. qui nous les ont aimablement communiqués. Près de Ludène même, les levés de l'UNIMA confirment l'existence d'une dépression relative, les cotes du terrain se situant entre 1,90 et 2,30 m N.G.F. mais l'inclinaison générale se poursuit en direction de l'ancien cours de la Daurade, recoupé par le canal de la Daurade ; le cartogramme *(figure 161)* indique la cote moyenne dans chacune des parcelles ayant fait l'objet d'un nivellement : elles oscillent entre 2,60 m au nord-ouest et 1,80 m au sud-est. Ce nivellement n'intéresse pas toutes les parcelles, aussi n'est-il pas possible de préciser davantage la disposition de ce marais de Loiré, à une échelle voisine du 1/10000. Il confirme cependant l'hypothèse présentée p. 180 sur la séparation hydrologique du marais de Voutron et du marais de Muron.

Ces cotes peuvent, par contre, à un autre niveau taxonomique, le 1/25000 ème par exemple, être intégrées dans une étude plus générale des altitudes connues dans cette partie nord du bassin de Rochefort. On a reporté sur la *figure 161* toute les cotes du sol disponibles dans cette région. Selon la densité fort inégale des données, on a indiqué une cote moyenne de la parcelle, ou au contraire la seule cote existante après avoir vérifié si elle ne coïncidait pas avec un phénomène fortuit, fond d'ancien chenal ou bordure de fossé, - elle est alors pointée - : le document ainsi établi ne rassemble que des cotes du sol naturel. On y observe que l'inclinaison en direction du secteur de Ludène-canal de la Daurade est beaucoup moins nette que sur la carte à 1/25000 : les cotes moyennes au nord du canal de Charras où la couverture végétale et le régime des eaux et les sols évoquent un «marais mouillé» sont très proches de 2,40 à 2,50 mètres ; si les cotes voisines de 2,00 à 2,10 m se rassemblent près de Ludène, elles ne sont pas exclusives et s'accompagnent de nombreuses cotes voisines de 2,20 à 2,30 m. L'amplitude moyenne de la dénivelée est donc de l'ordre de 0,50 m avec des cotes extrêmes de 1,78 et

2,57 m. (Cet intervalle débordant la classe 1,51 à 2,49 m exprimé par le chiffre 2 sur les cartes topographiques, l'amplitude de la pente est exagérée à un mètre (3 - 2), mais pourrait disparaître sur la carte si comme autour de Ludène, elle était incluse dans la classe 1,51 à 2,50 mètres).

Toujours à cette même échelle, on peut comparer *(Figure 162)* un profil topographique établi à partir de la carte et un profil topographique établi à partir du nivellement au sol. Sur le profil issu de la carte, la disposition du marais n'apparaît guère et les cotes 2 m dominent. Sur le profil topographique réel, on notera la situation (fortuite ?) de la route de Paris à Rochefort près de la ligne de partage des eaux entre deux bassins, l'un de part et d'autre de la Daurade, l'autre encadrant le canal Saint-Louis.

Une nouvelle fois, on est mis sur la voie d'une explication probable de la genèse du marais, en rapport avec les chenaux qu'empruntaient les eaux marines chargées de sédiments : les nivellements de la RN 137 de part et d'autre du chenal du Dauphin confirment cette manière de voir. Même si cette thèse paraît acceptable, on n'a guère jusqu'ici utilisé que les cotes de marais plats : les phénomènes sont-ils les mêmes dans les régions de marais gâts pour lesquels on dispose de nappes de points cotés ?

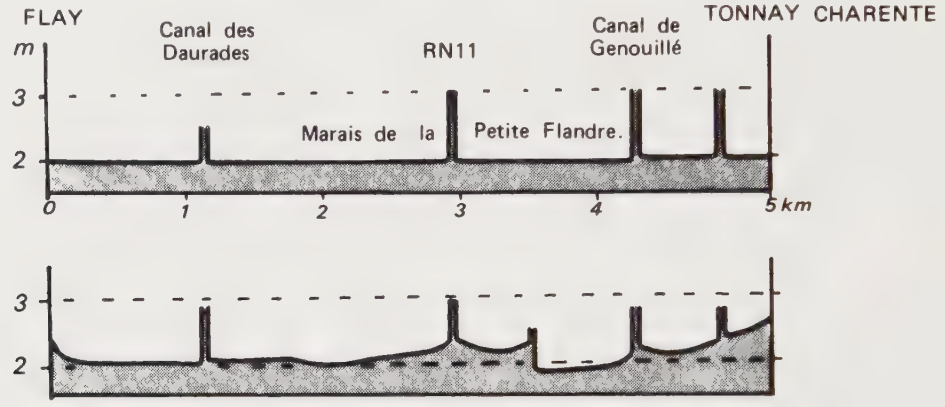


Figure 162 :
Profil d'après les cartes et profil topographique réel entre Flay (Ciré d'Aunis) et Tonnay-Charente

VI - LE MARAIS DE TASDON

En vue de la construction de la Villeneuve des Salines, nouveau quartier de La Rochelle, une série de nivellements de précision a été effectuée à l'emplacement d'anciens marais salants ; on a utilisé le plan à 1/2000 ème qui en est issu, grâce à l'obligeance des Services de l'Equipement du département et de la ville de La Rochelle que nous remercions ici.

Les marais de Tasdon - La Moulinette sont situés au sud de La Rochelle en arrière de la gare S.N.C.F. Il s'agit de la vallée submergée de petits ruisseaux descendant de Périgny, utilisée pour les salines dès le Xème siècle (ARCERE, 1756-57) ; ces marais furent abandonnés dès le XVIIIème siècle et formaient naguère un espace vert proche des zones industrielles d'Aytré et de Périgny *(figure 163)*.

Ce plan comporte environ une cote tous les 20 à 30 mètres sur les bosses comme dans les bassins, une tous les 30 à 50 mètres dans les rares parties du marais non utilisées en salines. Pour 150 hectares environ, cela représente plus de 2500 cotes. La nappe de points ainsi réalisée est raccordée au Nivellement Général de la France : on peut donc établir une carte en courbes de niveaux.

1 - Choix de l'équidistance.

L'équidistance de 0,25 m a été adoptée dans les régions de marais plats par F. VERGER et J-Y DESDOIGTS (1969, p. 84 et ci-dessus *(figure 136)*. Lorsque le relief présente une énergie de l'ordre du mètre, une telle équidistance se justifie, mais cette dénivelée n'est que très rarement réalisée dans les marais à disposition conforme, formés de sédiments fins : des équidistances plus faibles peuvent être préférées dans ce cas : la carte des marais de Dercie a été réalisée avec une équidistance de 0,20 mètre *(cf. supra, figure 139)*.

Les cartes établies à partir de nappes de points cotés réalisées par des géomètres professionnels, ne constituent qu'un traitement graphique de l'information, réalisé selon les procédés usuels. La qualité est donc un peu moins bonne que celle de cartes obtenues par «filage de courbe» sur le terrain ; mais l'imprécision graphique sur la position de la courbe, de l'ordre de 2,5 mètres à 1/25000 n'est pas telle qu'elle condamne ce genre de tentative.

Dans ce cadre, la cartographie topographique des marais gâts pose un triple problème d'équidistance, car trois formes de relief s'y cotoient : flancs et sommets de bossis, fonds de bassins. Les flancs des bossis ont une énergie toujours supérieure au mètre et une équidistance de 0,5 à 1 m en rend compte de façon satisfaisante : l'original de la *figure 164* a été établi à 1/2000, mais la figure reste lisible à 1/10000. Sur les sommets des bossis, la topographie comporte des reliefs de 0,3 à 1 m d'énergie : l'équidistance de 0,5 m est alors inadaptée car elle masque des dénivelées qui ne sont pas sans intérêt pour l'aménagement : ainsi les larges bossis ayant un sommet au relief peu énergique peuvent-ils être utilisés tels quels pour la culture, alors que les bossis étroits et au relief

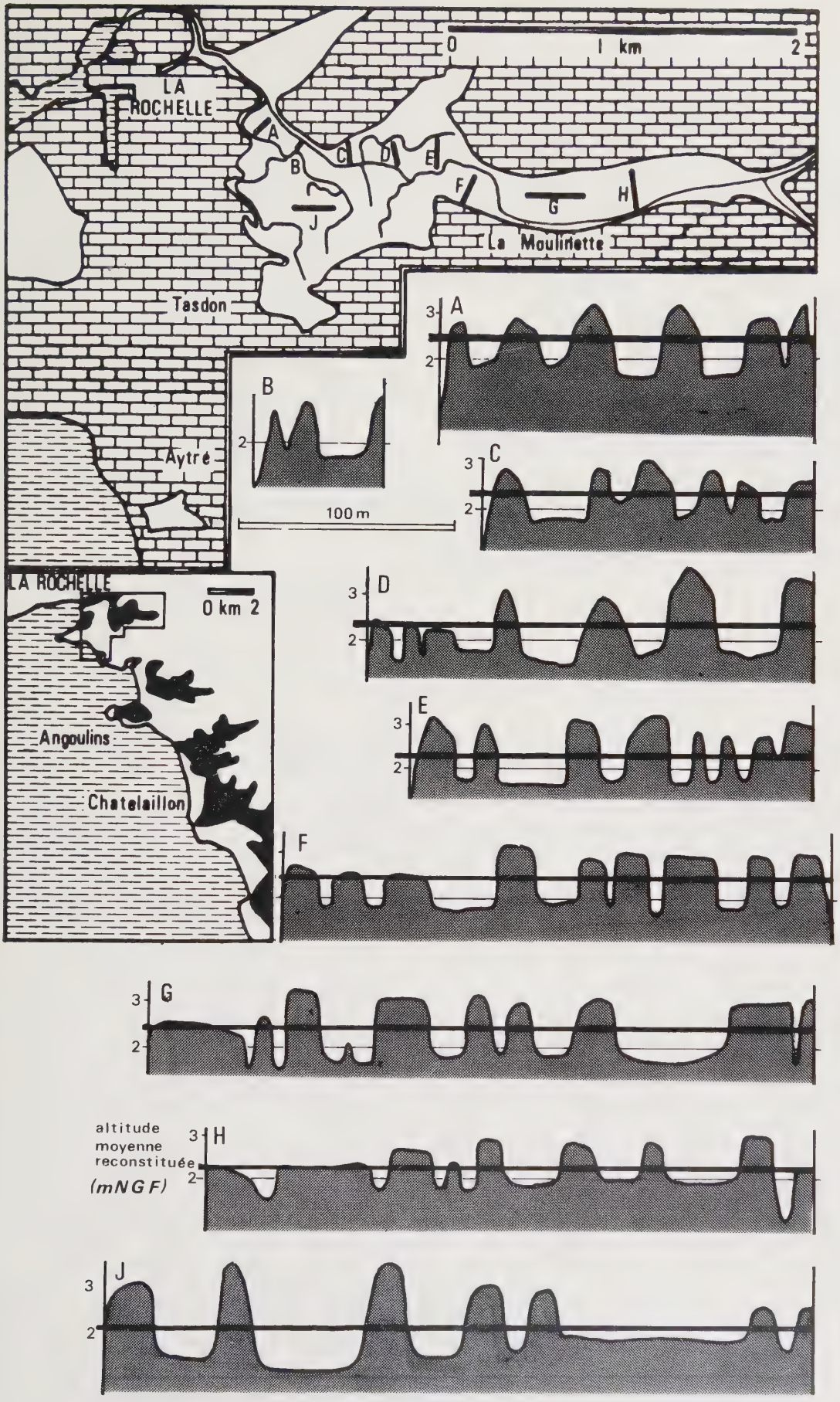


Figure 163 : Profils topographiques en série dans le marais de Tasdon - La Moulinette

Carte en couleurs à prendre en fin de volume.

Figure 165 :

Carte en courbes de niveaux dans les marais gâts de Tasdon

(L'équidistance sur les bossis, en bistre, est différente de l'équidistance dans les bassins, en bleu, pour souligner les oppositions du modelé)

beaucoup plus vigoureux sont inutilisables tels quels pour toute autre activité que le pacage plus ou moins extensif des bestiaux : c'est ce que fait apparaître la *figure 165* réalisée dans une prise des marais de Tasdon, à 500 mètres à l'ouest de la voie ferrée et à 150 m au sud du chenal de la Moulinette. Dans le fond des bassins enfin, les dénivelées souvent inférieures à 0,20 m ne peuvent être mises en évidence que par des courbes équidistantes de 0,1 : zones de stagnation des eaux, contrepentes, franges d'écroulement du bri des bosses, voire dérayures de drainage apparaissent alors. Un tel travail de précision n'est pas inutile si l'on envisage une remise en eau de marais gâts pour la mariculture. Ajoutons qu'il permet de prendre la mesure du travail des sauniers et des ostréiculteurs pour lesquels, à quelques centimètres près, un bassin ou une claire peuvent être ruinés ou utilisables ; enfin, on peut y montrer l'ampleur de l'alluvionnement depuis l'abandon de l'exploitation. Pour le grand bassin ouest par exemple (jas) où l'altitude devrait être voisine de 1,40 NGF près de l'entrée des eaux et de 1,30 NGF dans le coin sud-est, l'alluvionnement depuis l'abandon de cette saline est de l'ordre de 3 à 5 centimètres sur le fond et d'une dizaine de centimètres sur les bordures ; cette dernière valeur incluant le bri tombé des bosses, on retiendra la valeur de 3 à 5 cm comme étant la plus probable pour l'ensemble du jas.

La carte hypsométrique en courbes met en évidence l'opposition topographique entre les bosses aux parois raides et au sommet assez «rugueux» et les bassins uniformément plats.

Ces croquis montrent l'intérêt théorique, mais aussi pratique du nivellement de précision, même dans les marais gâts : alors que leurs fonds plats peuvent être utilisés pour la pisciculture ou l'aquaculture, les bossis ne sont guère utilisables que pour l'élevage, la mise en culture réclamant une topographie moins «heurtée». On observera à ce propos que les bossis les plus étroits sont aussi les moins plats.

2 - Disposition d'ensemble du marais.

La carte d'ensemble du marais de Tasdon montre que les marais plats sont très rares : leurs altitudes atteignent 1,60 à 1,80 m au nord-est vers Périgny, 2,00 à 2,10 m à l'est de la Moulinette et près de 2,60 m derrière la voie ferrée à l'ouest ; cette disposition est celle d'un marais contraire. Les altitudes moyennes reconstituées *(figure 163)* sont de 2,40 m en amont, au fief Caillebit vers La Moulinette et de 1,95 m à l'ouest près de Tasdon : la disposition était donc celle d'un marais conforme, mais les travaux des sauniers,(recreusement des jas 1,30 à 1,40 m en aval, 1,60 à 1,70 m en amont, rehaussement des digues par les boues de «parage», exploitation plus récemment abandonnée à l'ouest qu'à l'est) ont installé un marais contraire qui posait naguère des problèmes de drainage. Le rôle de l'homme en tant qu'agent géomorphologique est ainsi souligné.

En 1968, F. VERGER a proposé les notions de marais à disposition conforme, topographie inclinée en direction de la mer et de marais à disposition contraire, marais dont les altitudes croissent en direction de la mer.

L'étude topographique du marais de Brouage (R. REGRAIN, 1971 e) ou des marais de l'estuaire de la Charente (R. REGRAIN, 1971 b) avait montré que les Marais Charentais appartenaient à la famille des marais à disposition conforme, comme la granulométrie de leurs sédiments le laissait prévoir.

L'étude détaillée des dispositions topographiques de chaque marais a montré que les altitudes pouvaient décroître en direction du chenal de marée central (marais d'Arvert) ou se relever (près du havre de Brouage) : c'est qu'à une échelle plus grande, la «direction de la mer» n'est pas le tracé du littoral, mais la direction du chenal de marée qui a alimenté la sédimentation dans le marais. On proposera donc de spécifier l'échelle d'observation : le marais de Brouage est un marais conforme à l'échelle de 1/100000, mais à 1/25000 il est conforme en fonction du chenal de marée le plus proche et à 1/10000 une disposition contraire peut fort bien s'insérer dans une disposition conforme à plus petite échelle. La figure 166 essaie de rendre compte de cet ensemble de dispositions locales.

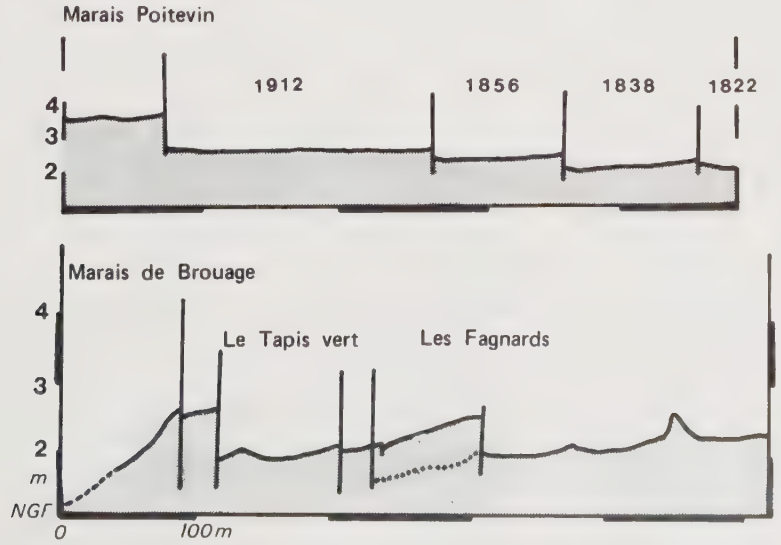


Figure 166 :

Disposition élémentaire de prises de marais dans deux «marais conformes».

Figure 164 :

Carte hypsométrique des marais gâts de Tasdon,
(altitudes exprimées en cm au-dessus du Zéro N.G.F.)

200
250
100m

Etablies à partir des cotes de marais plats, ces dispositions se retrouvent aussi dans les marais gâts, mais l'action humaine peut très bien avoir installé, comme dans le marais de Tasdon - La Moulinette, un marais à disposition conforme dans un ensemble à disposition contraire, à la même échelle.

Enfin, l'intervention des inégalités des niveaux atteints par la marée est sans doute responsable de la curieuse disposition des marais entre La Tremblade et Marennes (cf. figure 152).

Au delà de cet inventaire détaillé, on observera que les altitudes moyennes des Marais Charentais ne sont pas partout les mêmes, non seulement à l'intérieur de chaque marais, mais encore d'un marais à l'autre.

Si la disposition interne peut être rapportée à la disposition des chenaux de marée, dont nous avons étudié les réseaux dans le chapitre précédent, leurs altitudes sont évidemment en rapport avec les niveaux atteints localement par la marée.

IV - PLAFOND SÉDIMENTAIRE ET NIVEAUX DE MARÉE

L'étude des rapports entre le niveau de la mer et l'altitude des marais présente un intérêt tel que la plupart des auteurs ont émis une opinion sur cette question. Pour nous limiter aux marais du Centre-Ouest de la France, leur altitude est proche du niveau moyen de la mer (H. GELIN, 1887), confondue avec la cote des pleines mers de morte-eau pour C. DELAVAUD (1893), alors que pour PETTIT-MARTIN (1900) le marais desséché est situé environ un mètre au-dessous des pleines mers de vive-eau. J. WELSCH (1914, p. 212) signale que les grandes marées d'équinoxe couvriraient le marais, H. ENJALBERT (1960, p. 221) laisse entendre que la plus grande partie du marais desséché poitevin subsisterait à l'heure actuelle sans digues de protection du côté de la mer s'il n'était cloisonné de vallées (Vendée, Sèvre) qui rendent partout dangereuse l'inondation continentale. Pour R. d'HOLLANDER (1960, p. 9) les marais desséchés du Marais Poitevin atteignent 2 mètres alors que les marées de vives-eaux peuvent atteindre 3,25 m là où sont les marais salants ; Sur les wadden, F. VERGER (1968, p. 280) remarque que les dépôts sont «puissants entre le niveau des pleines mers de cœfficient 90 et celui des pleines mers de cœfficient 70», et maximaux entre les niveaux des pleines mers de cœfficient 88. et 77, il insiste (1971, p. 165) sur les rapports entre l'agitation de la mer au moment du dépôt, l'altitude de ce dépôt et la disposition conforme ou contraire des marais. En 1971, à propos des marais de Brouage dont les altitudes étaient comparées aux cotes des pleines mers à La Cayenne, on pouvait constater une liaison entre les niveaux des pleines mers moyennes et l'altitude de certaines régions déprimées et internes des marais (R. REGRAIN, 1971 e, p. 140).

On étudiera donc les niveaux atteints par la mer dans les ports de Charente Maritime, que l'on comparera aux résultats des nivellements effectués dans les marais, le plus près possible des échelles de marée. Auparavant, il faut définir un niveau commun de référence.

1 - LE CHOIX D'UN NIVEAU DE RÉFÉRENCE

1) Le niveau des marées : Zéro des Cartes Marines

Les niveaux atteints par la marée sont exprimés au-dessus du zéro commun de l'Annuaire et des Cartes, ci-après désigné par «Zéro des Cartes Marines» ou «Zéro CM». Ce niveau est défini comme celui des basses mers de vive-eau extraordinaires de coefficient 120 dans chaque port : à Brest, il a été fixé par BEAUTEMPS-BEAUPRE en 1816 à 45 cm au-dessous du niveau théorique de ces plus basses mers (ce Zéro CM ou Zéro de l'échelle de LAPLACE, était situé dans le «Bassin», à 300 m de la «Mature» où est installé le marégraphe actuel).

En Charente Maritime, les observations marégraphiques effectuées à La Rochelle (1863-1874 ; 1899-1904), au Fort d'Enet (1858-1873) au Fort Boyard (1874-1909) à Rochefort (1860-1918) au Vergeroux (1899-1907) à La Cayenne (Marennes, 4 mois en 1894) et à l'Ile de Ré (St Martin, 1 mois en 1822) ont été utilisées par ROLLET de L'ISLE et publiées en partie par A. COURTIER (1934) dans le 23ème Cahier des Recherches sur le Régime des Côtes, extrait intitulé «Données numériques concernant les marées des côtes de France». Pour la période récente, divers marégraphes ont été installés, par exemple par le LCHF en 1971-1972 pendant quelques mois ; le seul marégraphe en service est celui du port de La Pallice, mais ses enregistrements ne sont pas notés systématiquement.

Pour le port de La Pallice, les valeurs couramment admises sont les suivantes, compte non tenu des corrections météorologiques. *(tableau 31).*

Ces valeurs s'établissent donc au-dessus du Zéro CM du port de La Pallice, lequel est différent du Zéro du port de Brest, puisqu'il y a autant de Zéros CM que de ports. On sait que ce Zéro, établi pour les besoins de la navigation, tient compte de la marée dans chaque port.

A. COURTIER (1934, p. 33) précise «la règle adoptée en France pour le choix de ce Zéro des sondes consiste comme on le sait à prendre un niveau situé au voisinage des plus basses mers ; il s'en faut cependant que cette règle ait été toujours suivie exactement... en bien des endroits on a adopté primitivement puis conservé un niveau de réduction des sondes assez différent du niveau ‚théorique des plus basses mers» ; il donne une table de concordance à partir de laquelle est issu le *tableau 32.*

La Pallice	La Rochelle	Ile d'Aix	Marennes le Passage	Cordouan
- 0,60	- 0,25	- 0,22	0,25	- 0,35

Tableau 32

Situation du Zéro théorique des plus basses mers par rapport au Zéro de réduction des sondes

exprimées en mètres,
d'après A. COURTIER, 1934, p. 37 ; cotes en mètres

Dénomination des marées		Cœfficient en centièmes	Cote en m.
Pleines Mers			
Plus grande marée d'équinoxe.	Vive eau exceptionnelle V.E.E.	120	6,35
Vive eau moyenne d'équinoxe.			6,05
Vive eau moyenne	Vive eau moyenne V.E.	95	5,90
Marée moyenne	Marée moyenne	70	5,30
Morte eau moyenne	Morte eau moyenne M.E.	45	4,80
Plus faibles marées			4,30
Niveau Moyen			*3,69*
Basses Mers			
Plus faible marée			3,25
Morte eau moyenne		45	2,50
Marée moyenne		70	1,70
Vive eau moyenne		95	1,00
Vive eau moyenne d'équinoxe			0,80
Plus grande marée d'équinoxe		120	0,00

Tableau 31

Niveaux caractéristiques de la marée à La Pallice

d'après le Service Hydrographique et Océanographique de la Marine
(annexe 436 EPSHOM/E/DC à la lettre 653 SHOM/EG du 29 août 1972).

Il paraît donc difficile de se servir des cotes marines pour établir les corrélations sur un espace assez vaste, puisque leur base de référence est variable.

2) Le nivellement terrestre :
Zéro Bourdaloue, Zéro NGF, Zéro IGN *

Les altitudes terrestres sont déterminées en France à partir d'un Repère fondamental situé dans le Vieux Port, à Marseille. Des opérations de nivellement topographique permettent d'établir des réseaux de repères à partir desquels toutes les altitudes du sol sont déterminées (cf. supra p. 202). Sans que le Repère fondamental ait varié, les opérations réalisées au milieu du XIXème siècle sous la direction de l'Ingénieur BOURDALOUE, et au début du XXème siècle sous la direction de l'Ingénieur LALLEMAND n'attribuent pas les mêmes altitudes à des points dont la stabilité n'est pas en cause : la précision des appareils, la multiplicité des portées et des calculs en sont sans doute responsables (Rappelons simplement qu'un nivellement de «précision 1», avec une fermeture de l'ordre de 1 mm par km, conduirait à une incertitude maximale de 0,6 mètre sur la distance Marseille - La Rochelle). En Charente Maritime, le niveau Bourdaloue est situé à environ 50 à 60 cm au-dessous du zéro NGF. Le pont tournant de la Taillée de l'Épée sur le canal de la Seudre à la Charente (point k_3 . l_3 - 22) porte un médaillon où est gravée l'altitude 2,95 m (IGN) NGF, et un repère Bourdaloue 3,485 m soit 53 cm de différence. Les cartes «d'Etat Major» à 1/80000, levées au XIXème siècle portent les cotes du réseau BOURDALOUE, les cartes IGN les cotes du réseau NGF. La répétition des opérations de nivellement au cours des années 1960 à 1970 a montré une petite différence entre les cotes NGF et les nouvelles mesures (cotes IGN) ; cet écart serait, pour la Charente Maritime, de l'ordre de quelques centimètres (Ing. LEVALLOIS, comm. orale).

3) Un niveau de référence commun.

La disharmonie entre les différents niveaux de référence n'avait échappé ni aux hydrographes ni aux topographes et souvent les deux valeurs sont indiquées. Ainsi, dans l'ouvrage «Ports Maritimes de France», paru de 1881 à 1893, certains collaborateurs ont effectué la conversion ; cependant les cotes «au-dessus du Nivellement Général» sont très évidemment des cotes Bourdaloue, et non des cotes NGF, puisque ce nivellement est postérieur.

Il est donc nécessaire de ramener toutes les cotes marines à un niveau de référence fixe : la «liste des Repères des Zéros de l'Annuaire et des Cartes» éditée en 1933 par le Service Hydrographique comporte la correspondance entre les Zéros CM et le Zéro NGF ; ces valeurs ont été vérifiées récemment en Charente Maritime, pour les études du LCHF. Comme les altitudes mesurées dans les marais sont exprimées en mètres au-dessus du Zéro NGF, on peut obtenir des tableaux cohérents de données, en exprimant cotes d'altitude et niveaux de marée en cotes NGF.

Signalons cependant d'après J. ROUCH (1961, p. 10-11), A. COURTIER (1934, p. 14-16), F. VERGER (1968, p. 21-22) que le niveau moyen de la marée dans un port, est la valeur moyenne de la fonction représentative de la marée, pendant une longue période ; ce niveau moyen est différent du **niveau de mi-marée** ou moyenne arithmétique des hauteurs des pleines mers et des basses mers pendant une période (et donc variables suivant la période considérée), ainsi que du **niveau d'équilibre** en sens de LAPLACE, niveau que prendrait la mer en un lieu s'il n'y avait pas l'action de la Lune et du Soleil ; ces niveaux coïncident tout à fait fortuitement avec le niveau moyen de la mer dans le Vieux Port de Marseille, origine du Zéro NGF.

* Voir, dans le lexique annexé, les définitions de ces différents Zéros de référence

	Brest	La Rochelle	Ile d'Aix
Niveau d'équilibre	4,461	–	–
Niveau moyen de la marée	4,45	3,69	3,65
Niveau de mi-marée	4,394	3,63	–
Hauteur CM du Zéro NGF	4,45	3,69	3,88

Tableau 33

Valeurs centrales des niveaux de marée à Brest et La Rochelle
(en mètres au-dessus du Zéro CM local).

2 - ALTITUDES DU REMBLAIEMENT ET NIVEAUX DE MARÉE

D'après la documentation disponible concernant les niveaux atteints par la marée, publications du Service Hydrographique et Océanographique de la Marine, rapports du Laboratoire Central d'Hydraulique de France et Archives du Service Maritime de la Direction Départementale de l'Equipement, ainsi que les profils topographiques raccordés au Nivellement Général de la France, il est possible d'étudier régionalement les rapports entre les niveaux atteints par la marée et l'altitude du remblaiement résultant.

Deux remarques préliminaires s'imposent : la forme de la courbe de marée étant différente suivant les ports, on ne comparera l'altitude d'un marais qu'aux niveaux de marée du port le plus proche, et on supposera d'abord que ces niveaux étaient généralisés dans le bassin de sédimentation proche. D'autre part, les marais ont subi un tassement depuis leur endiguement ; c'est la raison pour laquelle F. VERGER (1971, p. 168) a proposé la notion de **cote significative** : «si un certain intervalle sépare les endiguements, on peut admettre que le point naturellement le plus élevé de chaque polder correspond à la cote du plafond sédimentaire, corrigée par un tassement à peu près égal dans chacune des prises littorales ; on appellera ce point cote significative». Dans les Marais Charentais comme ailleurs, de telles séquences de polders sont en nombre limité : la région de Bourcefranc est la seule qui présente une telle séquence.

La recherche du point naturellement le plus élevé est fort délicate dans les parties du marais qui ont été creusées de marais salants ; dans les autres, l'ampleur de la dénivelée est à peu près toujours de l'ordre du double décimètre au maximum ; d'autre part les points les plus élevés correspondent toujours à une position remarquable par rapport à un réseau de chenaux(cf. supra). Cependant des nuances comparables à celles que F. VERGER (1971, p. 168) a notées dans les marais de la Vilaine, les marais Breton et Poitevin se retrouvent au sud-ouest de Brouage *(figure 166)* où les cotes significatives présentent deux séquences en pente vers la mer, aux Fagnards comme au Tapis Vert. Faut-il y voir une double séquence de baisse du niveau des pleines mers entre le début du XVIIIème siècle et le milieu du XIXème siècle ou bien la preuve qu'en période de faim de terre (XVIIIème siècle, période 1850-1870) des schorres en cours de sédimentation sont concédés aussi bien que des schorres «mûrs», ayant partout atteint le plafond du colmatage, ou bien encore est-ce l'effet de la restriction du volume du bassin sur les cotes des pleines mers ? Avant de répondre à ce problème dont la solution peut provenir d'une cause locale, on remarquera que les cotes moyennes des prises des Fagnards et du Tapis Vert sont voisines, et proches de 2,20 m NGF, ce qui réduit singulièrement la portée de la question précédente. En l'absence de nivellements systématiques effectués dans le sens de la progression des endiguements, nous utiliserons le plus souvent l'altitude moyenne pour chacun des nivellements utilisés.

1) Les marais de la presqu'île d'Arvert.

Le tableau 34 montre les principaux niveaux de marée et l'altitude des marais dans ces régions.

Les valeurs de Saint-Georges de Didonne et de Royan (M. SAUVION, 1885) peuvent être retenues pour les marais de Pousseau, cote moyenne 2,20 m, et de Belmont, cote moyenne 1,96 m.

Les marais de Bréjat et d'Arvert sont eux aussi isolés de la mer par des dunes, beaucoup plus développées. Les observations marégraphiques de Royan, au phare de Cordouan et de la Pointe de Grave, peuvent être comparées avec la cote moyenne des marais, qui est de l'ordre de 1,50 à 1,60 m NGF. Cette altitude correspond au niveau des pleines mers de cœfficient 69-70 à Royan, aux pleines mers de cœfficient 61 de Cordouan et de 55-60 à la Pointe de Grave. Ces valeurs faibles soulignent soit le déficit de sédimentation, dû à une fermeture du golfe par les sables avant que le schorre ne soit complètement «mûr», soit des particularités locales des niveaux de pleine mer assez difficiles à reconstituer, ou encore un tassement important du bri sur des tourbes profondes. Les sondages effectués dans le marais, tant sur les bordures pour les fouilles de sites à sel (C. GABET, 1976 a) que dans les marais pour la recherche d'eau n'ayant pas rencontré de tourbe, ni dans le bri ni sous le bri, la première hypothèse reste la plus plausible, d'ailleurs confortée par un texte de 1498, cité supra, p. 87).

Les marais de la Seudre posent d'autres types de problèmes : on dispose de nombreuses valeurs concernant les niveaux de marée, publiées dans «Ports Maritimes de France» ; l'E.D.F., les Ponts et Chaussées et nous, ont réalisé une transversale ou des antennes topographiques. Les données marégraphiques et topographiques portées sur le tableau 34 montrent qu'en aval, l'altitude moyenne des marais se situe à plus d'une quinzaine de centimètres au-dessous du niveau des pleines mers de vive eau, niveau qu'elle dépasse à l'Eguille. Le niveau des pleines mers à La Tremblade, supérieur au niveau de pleines mers de Marennes - La Cayenne se reflète dans l'altitude du marais : cette dissymétrie des cotes de la marée de part et d'autre de la Seudre peut s'observer par exemple sur le cliché (IGN 74 - 1331 - 1431/300 nº 32) où les claires de rive gauche, en position frontale sont couvertes alors que les claires de rive droite restent découvertes.

2) Les marais au Sud d'Oléron

Des nivellements, dans l'anse des Bris à Saint-Trojan et au sud de la presqu'île d'Ors, montrent que les altitudes moyennes de la partie interne des Bris est de 2,10 à 2,20 m ; un marégraphe a été installé à la Pointe de Gatseau par le LCHF de septembre 1972 à avril 1973 : les niveaux des pleines mers y sont «légèrement inférieurs aux niveaux de la Pallice». Au Château d'Oléron,

Ports	Pleines mers	Cotes d'après		Zéro de Référence	Hauteur du Zéro NGF	Cote NGF des pleines mers	Altitudes des marais (en m.)
		Ports maritimes de France	S.H.O.M.				
ROYAN	VEE	5,60	5,00	MANEN		2,77(2,17)	Belmont
	VE	4,90	4,00	1874	2,83	2,07(1,17)	1,96
	ME	3,80				0,97 ?	Pousseau
	n.m.		3,01				2,20
MARENNES LA CAYENNE	VE	6,16	5,84	PMF :		2,02	Marennes
	ME	5,06	4,68	Zéro Aix	3,82	0,76	1,60 à
	n.m.		3,55	SHOM :			1,80
				HANUSSE			
				1878			
LA TREMBLADE (Seudre)	VEE	4,55°				3,90*	
	VE	4,05		Zéro		2,40*	2,00 à
	ME	2,70		Bourdaloue		2,05*	2,50
L'ÉGUILLE	VEE	3,45		Zéro		2,80*	RN 737
	VE	2,90		Bourdaloue		2,25*	2,40 à
	ME	1,60				0,95*	2,50
							Altitude reconstituée
SAUJON	VEE	3,55				2,90*	
	VE	2,90		Zéro		2,25*	
	ME	1,60		Bourdaloue		0,95*	

o A La Tremblade, les pleines mers de vive eau et les pleines mers de morte eau sont plus élevées de 1,05 m à l'aval du chenal que dans le port (VEAU, 1885)

** On prend 0.65 m comme hauteur moyenne du Zéro Bourdaloue au dessus du Zéro NGF*

PMF : Ports Maritimes de France - SHOM : Service Hydrographique et Océanographique de la Marine

Tableau 34

Niveaux de marée et altitudes des marais de la région de Royan et de la Seudre.

	Ports Maritimes de France		COURTIER	
	Aix — 3,70			— 3,82
Pleine Mer vive eau	6,16*	2,46	5,84*	2,02
Pleine Mer morte eau	5,06*	1,36	4,68*	0,84
Niveau Moyen	-------	-------	3,55*	0,27

Tableau 35

Niveaux de marée à La Tremblade, d'après VEAU (1885) et COURTIER (1934), au dessus du Zéro CM (astérisque) et du Zéro NGF

les valeurs données dans Ports Maritimes de France (BONNEAU, 1885, pp. 191-199) sont portées sur le *tableau 36,* ainsi que les altitudes moyennes reconstituées relevées au sud de la presqu'île d'Ors, dans la Sartière de la Bordelinière.

Même pour des cotes établies de façon aussi approchée, on vérifiera que les altitudes de marais sont proches des niveaux atteints par les pleines mers de vive-eau : elles correspondent à des marées dont les cœfficients seraient de l'ordre de 80 à 90.

3) Le cas du marais de Brouage.

Le tableau 37 montre les niveaux de marée et les altitudes des marais

Le marais dont les altitudes sont peut-être les moins mal connues se trouve celui pour lequel les observations de marée sont les plus rares et les plus fragmentaires. Les valeurs données pour Brouage par CRAHAY DE FRANCHIMONT (1885, p. 153-170) ont été relevées dans un chenal de marée dont la largeur, à pleine mer ne devait pas dépasser la centaine de mètres ; de plus, elles paraissent sous-estimées, car le schorre qui borde le chenal de Brouage se situe à 2,20 m devant la citadelle et 2,20 à 2,50 m à l'aval près des nouvelles claires. Toutefois, si les niveaux ont été mesurés en fonction non pas du Zéro de l'Ile d'Aix, (comme l'indique l'auteur), mais du Zéro Bourdaloue, la différence de 0,65 cm environ entre les cotes NGF et Bourdaloue suffirait pour que les niveaux des pleines mers soient 2,38 m NGF environ en vive-eau et 1,18 m NGF environ en morte-eau ; le

Port	Niveau	PMF	COURTIER 1934	LCHF 1973	Référence	NGF/CM	Niveau NGF	Marais
Gatseau				inférieur à la Pallice		3,80		Les Bris
	V.E.		5,75				2,32	2,10
								à
La Pallice	M.E.		4,80			3,63	1,17	2,20
	n. m.		3,35					
Chateau d'Oléron	V.E.	6,26					(2,35)	Bordelinière
	M.E.	5,71						2,00
	n. m.				BONNEAU		(1,70)	à 2,20

Tableau 36

Niveaux de marée et altitude des marais au sud de l'île d'Oléron.

(Pour le Chateau d'Oléron, les cotes marines sont à 3,26 m au-dessus des cotes Bourdaloue ; on a établi les chiffres entre parenthèses en tenant compte d'une différence de l'ordre de 0,65 m entre les cotes NGF et BOURDALOUE) n. m. : niveau moyen

schorre actuel près de Brouage se trouverait alors à une altitude voisine de celle des pleines mers de vives-eaux de la fin du XIXème siècle (cœfficients de 93 pour 2,30 m) ; le marais lui-même se situant entre les pleines mers de cœfficient 75 environ et les pleines mers de cœfficient 93.

Les niveaux de marée enregistrés dans le détroit du Chapus par le L.C.H.F. ne peuvent être retenus pour l'ensemble du marais de Brouage : l'influence du bâti structural entraîne sans doute une surélévation locale du niveau des pleines mers. Les données de POLONY et SAIGNES (1885, p. 171-189) pour les pleines mers de vive-eau sont voisines des altitudes des marais proches de l'embouchure du chenal de Mérignac.

Il semble donc que le marais de Brouage comporte une série d'altitudes «originelles» - celles des marais plats - comprises entre les niveaux des pleines mers de cœfficient 75 et 95 : on trouve là une concordance satisfaisante avec les observations de F. VERGER sur les niveaux des schorres. Cette concordance cependant pose plusieurs problèmes : quelle est l'influence du tassement, et si tassement il y a eu, le niveau des pleines mers n'était-il pas plus élevé lors de la sédimentation ?

D'autre part, les variations d'altitude des marais ne sont-elles pas dues seulement à la diversité des niveaux de pleines mers dans une baie. Enfin, les observations marégraphiques sont-elles assez proches des lieux de sédimentation pour que la corrélation soit satisfaisante ? Le bassin de Rochefort est encore moins privilégié sous ce rapport.

Ports	Pleines mers	PMF	COURTIER	LCHF	NGF/CM	Niveaux de marée en m NGF		Altitudes des marais en m
Brouage	V.E.	5,61			Zéro Aix	1,73		2,30 à
	M.E.	4,41			3,88	0,53		1,90
Le Chapus	V.E.	5,79		Aix 0,6	(Zéro Aix ?)	PMF 1,99	LCHF 2,84	1,90 à 2,00
	M.E.	4,54		Aix 0,05 à 0,10	(Courtier: 3,80)	0,66 0,74	0,72	
Ile d'Aix	V.E.		6,12			2,24		
	M.E.		4,90		3,88	1,02		
	niveau moyen		3,65			0,23		

Tableau 37

Niveau des pleines mers et altitude des marais de Brouage.

4) Le bassin de Rochefort (Tableau 38).

Les observations de marée sont nombreuses à l'estuaire de la Charente, là où les marais sont peu développés, mais inexistantes près du marais de Rochefort lui-même ; quelques observations à Chatelaillon peuvent être comparées avec les altitudes des marais d'Angoute. situés en arrière.

A l'embouchure de la Charente, la marée atteignait 2,58 m à Port des Barques en vive-eau (6,48 m au-dessus du Zéro de l'Ile d'Aix selon M. CRAHAY de FRANCHIMONT), et 1,08 m en morte-eau : or les marais de Soumard sont vers 2,20 m au sud du cordon et 2,40 à 2,50 m au nord. Au Vergeroux (Annuaire) les pleines mers de vive-eau atteindraient 6,68 m (12 cm de plus qu'à la Pallice) soit 2,70 m NGF, cote qui se trouve être

Port	Marée	P.M.F.	Annuaire	L.C.H.F.	NGF/CM	Niveaux NGF en m	Altitudes des marais en m
Port des Barques	P.M.V.E. P.M.M.E.	6,46 4,96			– 3,88 Ile d'Aix	2,58 1,08 Ile d'Aix	Soumard 2,20
Le Vergeroux	P.M.V.E. P.M.M.E.	6,68	La Pallice + 12 cm			2,70	Charras 2,70
Rochefort	P.M.V.E. P.M.M.E.	6,56 5,01			– 3,84	2,72 1,17	La Coudre 2,80
Chatelaillon	P.M.V.E.E. P.M.V.E. P.M.M.E.	6,35 5,65 5,05		NGF 2,72 NGF 2,02 NGF 0,87	– 3,63	2,72 2,02 (1,42)	RN 137 2,10 à 2,20
La Rochelle	P.M.V.E.E. P.M.V.E. P.M.M.E. niveau moyen	6,56 5,80 4,66 3,69			– 3,63**	2,93 2,17 1,03 0,06	Tasdon 2,30 2,40 La Moulinette

** la concordance établie à 3,63 par ROLLET de l'ISLE (in COURTIER, 1934), est de 3,69 depuis les mesures de 1966.
o Selon le LCHF, l'altitude de 1,42 m NGF est atteinte par les marées de 70

Tableau 38

Niveaux de pleines mers et altitudes des marais au Nord de Rochefort.

celle du marais près de la confluence du chenal de Charras et de la Charente. Comme plus au sud, les altitudes des marais sont donc assez proches des niveaux des pleines mers de vives-eaux moyennes. Pourtant les observations du port de Rochefort sont légèrement inférieures aux cotes du marais entre Rochefort et Tonnay Charente (2,70 à 2,80 m). Cette surélévation du marais peut être rapportée à un gonflement de la marée entre les «caps» de la Vacherie à Rochefort et la Coudre à Tonnay Charente, phénomène que nous avons cru pouvoir noter dans le détroit du Chapus d'après les observations du L.C.H.F.

Aucune observation marégraphique ne semble avoir été réalisée dans l'Anse d'Yves, alors que les nivellements de la RN 137 permettent d'avoir une vue complète de l'altitude du marais dans cette région. Il n'en est heureusement pas de même à Chatelaillon.

A Chatelaillon, les pleines mers de vive-eau atteignent 2,02 mètres ; le marais est situé entre 2,10 m et 2,20 m à l'est, et près de 1,80 à 1,90 m au nord-ouest, immédiatement en arrière de la levée sableuse. On retrouve là deux conclusions partielles déjà entrevues : la corrélation altitude des marais - niveau des pleines mers de vives eaux moyennes, le déficit sédimentaire en arrière des flèches sableuses, souligné par les inondations d'origine pluviale des bas quartiers de Chatelaillon en février 1977.

5) Les marais rochelais : Tasdon

Ils atteignent 1,60 à 2,60 m pour les altitudes des marais plats, et 2,00 à 2,40 m pour les altitudes reconstituées dans les marais gâts ; les altitudes moyennes seraient donc voisines de 2,20 mètres alors que les pleines mers de vives-eaux atteignent 2,80 m Bourdaloue selon Ports Maritimes de France (M. de BEAUCE, M. THURNINGER, 1885), soit environ 2,15 à 2,20 mètres NGF ; mais 5,73 m CM en vive-eau et 4,55 m CM en morte eau selon BOUQUET de LA GRYE (1881) in COURTIER, 1934, p. 53, soit respectivement 2,10 m et 0,92 m NGF. L'altitude moyenne des marais rochelais est donc aussi très voisine de celle des pleines mers de vive eau moyennes.

La précision et la densité des cotes d'altitude, permettent de tenter la reconstitution de la disposition des niveaux de marée dans une baie digitée, en fonction de l'altitude du remblaiement. Les sondages n'ayant nulle part rencontré de lits de tourbes, l'influence du tassement étant provisoirement considérée comme égale en tous points du marais, il serait possible de vérifier si les anomalies topographiques sont associées à des phénomènes marégraphiques. En l'absence de marais plats suffisamment développés, on se contentera, faute de mieux, des altitudes moyennes reconstituées établies le long de profils topographiques réalisés parallèlement au chenal de la Moulinette, et constitués de

segments perpendiculaires aux différents bossis des prises successives : dans un secteur, où l'épaisseur du bri est partout voisine de 8 à 10 mètres (infra, *figure 186*).

Les altitudes moyennes reconstituées sont représentées sur la *figure 163 :* le marais de Tasdon - La Moulinette apparaît comme un marais plus élevé près de la mer (2,40 mètres) que vers l'«amont», 2,20 mètres environ. Comme l'épaisseur du bri augmente vers l'aval, cela peut signifier que le niveau des pleines mers, dans une baie fermée de petites dimensions a tendance à s'élever vers l'aval ; mais on a vu p.234 que l'action humaine pouvait aboutir au même résultat : il n'est donc guère possible de reconstituer la topographie du plafond du colmatage dans une baie abritée utilisée autrefois pour l'exploitation du sel, et où les marais plats sont rarissimes.

La figure 167 montre pour l'ensemble des Marais Charentais, les niveaux atteints par la marée et les altitudes moyennes des marais plats. Ainsi que le laissaient prévoir les conclusions partielles, c'est légèrement au-dessous du niveau des pleines mers de vives eaux moyennes que s'établissent les altitudes moyennes des marais. Cette conclusion avait déjà été affirmée par PETTIT-MARTIN en 1900, à l'occasion de l'Exposition Universelle, et il est symptomatique que l'auteur soit un spécialiste d'hydraulique agricole, mais la denivelée d'un mètre entre ce niveau et l'altitude des marais était erronée.

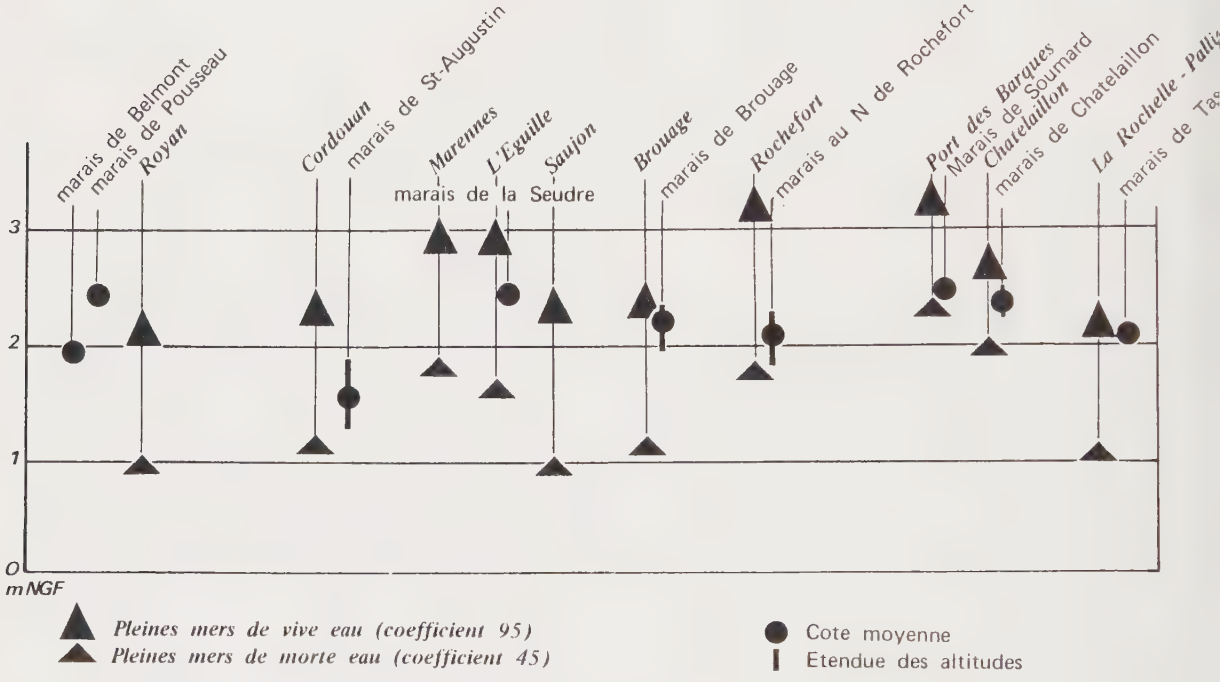


Figure 167 :

Altitudes des marais et niveaux des Pleines Mers en Charente Maritime

La courbe de fréquence des cœfficients de marée, établie par A. GOUGENHEIM (1956, p. 167), permet de comprendre ce phénomène ; F. VERGER (1968, p. 280) indique que 33 % des pleines mers ont des cœfficients compris entre 70 et 90 : c'est justement dans cette classe que se situent les altitudes des marais maritimes. Quelques exceptions à ce principe proviennent soit de la forme du bassin dans lequel résonne l'onde de marée, phénomène mis en évidence dans les marais de Tasdon, soit de la fermeture rapide du golfe en cours de remblaiement par une flèche sableuse, comme dans les marais de la presqu'île d'Arvert, soit encore des phénomènes de tassement qui feront l'objet d'un développement spécial.

Il semble donc que les différences d'altitudes que l'on rencontre dans les Marais Charentais sont dus à des variations du niveau des pleines mers dans des baies à demi ouvertes. La faible ampleur de ces dénivelées, de l'ordre de 20 à 30 centimètres est tout à fait probable dans des anfractuosités de la dimension des anciennes baies de Brouage, de Rochefort, etc... En effet, les niveaux des pleines mers moyennes de vive eau s'établissent ainsi, autour de l'actuelle Mer des Pertuis (tableau 39) :

Ports	Niveau CM	Niveau Bourdaloue	Niveau NGF
Ile de Ré	6,00	2,74	
La Perrotine	6,26	3,00	(2,38)
Le Château	6,26	3,00	2,38 - 300oo
La Cayenne	6,16	2,90	(2,34)
Le Chapus	5,80	2,54	(2,00)
Brouage	5,61	2,35	(1,81)
Port des Barques	6,46	3,20	(2,62)
Rochefort	6,56	3,30	(2,72)
Tonnay Charente	6,26	3,00	(2,42)
La Rochelle	5,80	2,80	(2,80)
La Pallice	5,80		

Tableau 39

Niveaux (en m) atteints par les marées de vive-eau (moyennes) dans quelques ports du littoral de la Mer des Pertuis
(d'après Ports Maritimes de France, t. 6).

Zéro CM : – 3,26 m Bourdaloue. Le Zéro NGF, situé à 3,63 m par Courtier (1932), est maintenant à 3,69 m sous le niveau moyen de la mer à La Rochelle (Annuaire des Marées)

On observera sur ce tableau que les cotes des pleines mers autour du Bassin de Marennes-Oléron (2,38 m à la Perrotine et au Château, 2,00 m au Chapus, 1,81 m - sous réserve - à Brouage) varient dans le même sens que les altitudes du marais de Brouage : des zones plus élevées dans la partie centrale (Le Chateau) qu'à la périphérie. Les changements de configuration de la Baie de Brouage ont entraîné un déplacement de la zone de culmination des pleines mers, qui fut progressivement restreinte à la bordure du chenal principal, le Havre de Brouage.

A ce stade de l'évolution, la forme «rectangulaire» du bassin était atteinte, et c'est dans la Seudre qu'il faut rechercher le modèle explicatif, les pleines mers montant davantage en aval (2,40 m à La Tremblade) qu'en amont (2,25 m vers l'Eguille et Saujon, malgré le débit de la Seudre : ainsi s'expliquerait dans le bassin de Brouage, la zone relativement déprimée proche de Bellevue, ainsi que les sartières plus élevées conquises sur le Havre à l'Ouest de Brouage. Toutefois la surélévation des pleines mers à la Tremblade et son niveau déprimé près de Marennes montrent que, dans certaines conditions l'action des vents de nord-ouest, particulièrement fréquents dans cette région, intervient aussi. Ces vents repoussent les eaux sur la rive gauche de la Seudre, créant une surélévation du niveau des pleines mers ; ce phénomène sans doute actif surtout lorsque les marées submergeaient tout le schorre s'observe actuellement dans les claires à huîtres (C. GOULEVANT, comm. per.).

*La forme du bassin de remblaiement, l'action du vent sur la sédimentation, la position des chenaux de marée et les modalités de leur alimentation en eaux plus ou moins chargées de sédiments concourent donc à rendre compte des dénivelées observées dans l'altitude des marais maritimes charentais. Il n'est donc pas surprenant qu'une oscillation du niveau marin ne puisse être observée à partir des altitudes des marais maritimes, puisque l'ordre de grandeur des oscillations reconstituées par différents auteurs pour les deux derniers millénaires (données collationnées par P. PIRAZZOLI, 1976) correspond aux différences de niveaux des pleines mers observées actuellement sur les rivages de la Mer des Pertuis : nous sommes donc en plein accord avec A. GUILCHER (1954, p. 27) qui estimait «illusoire de prétendre fixer à un mètre près, dans une mer à marées, l'altitude des anciens rivages d'après les dépôts qui les jalonnent» *.*

* voir ci-après, p. 279, les conséquences probables du tassement.

II. LES METHODES CONTEMPORAINES D'ETUDE DES MARAIS MARITIMES

3. Le remblaiement des marais charentais

Les sondages implantés dans les Marais Charentais traversent parfois plus de dix mètres d'un sédiment quaternaire, le **bri**, *généralement associé à la transgression flandrienne. Pour MAIRAND (1858) et L. DURAND-CLAYE (1872), il s'agit d'une vase consolidée, bleuâtre quand elle est mouillée, virant au gris en séchant, mais s'effritant par suite de la formation de fentes de retrait (d'où son nom*). A côté de cette description physique, J. WELSCH (1919) insiste sur la présente de Scrobiculaires dans ce sédiment qu'il désigne sous le nom «d'Argile à Scrobiculaires». De nos jours, D. GARNIER (1975) s'est particulièrement intéressée à deux faciès du bri qui apparaissent en affleurement, le bri ancien, de couleur gris vert, abondant dans les parties internes du Marais Poitevin, et le bri récent, de couleur beige en position plus littorale ; cette distinction n'a pas été reprise sur la carte géologique à 1/50 000 de Rochefort (P. BOURGUEIL et P. MOREAU, 1972) mais figure sur celle de St Agnant (J.P. PLATEL et P. MOREAU, 1977) dont les levés ont été effectués parallèlement à nos propres recherches, en totale indépendance.*

Trois phénomènes concernant le bri retiendront l'attention. Les aspects géopédologiques offrent un moyen relativement rapide d'inventaire des phénomènes spatiaux ; l'étude de sondages implantés dans le bri permettra ensuite une description «en coupe» du bri, dans lequel on aurait trouvé çà et là des lits de sables et de graviers (POLONY, 1885, p. 142) ou des tourbes (P. BOURGUEIL et P. MOREAU, 1972) alors que des sondages sismiques permettent de se faire localement une idée du volume de ce remblaiement et des propriétés géotechniques du bri. Enfin, on essaiera de retracer les étapes de l'alluvionnement, par l'étude stratigraphique de sondages et l'établissement de diagrammes palynologiques.

* L'étymologie bri, de briser, est adoptée en particulier par H. ENJALBERT (1960, p. 227). F. VERGER (1968, p. 441), après avoir noté une curieuse coïncidence avec la signification des termes néerlandais Knik ou allemand Knick (terre qui se brise), le rapproche plutôt du breton bri : argile.

I - LE BRI, ASPECTS GÉOPÉDOLOGIQUES

*Une étude pédologique détaillée du Marais Charentais, utilisant les méthodes néerlandaises sortirait du cadre de cet ouvrage. Néanmoins, un certain nombre de problèmes posés par la mise en valeur des marais de Rochefort, la compréhension de la genèse des marais peuvent être mieux précisés à partir d'un inventaire pédologique, même rapide. Quelques centaines de sondages à la tarière à main * ont été réalisés pour comprendre la mise en place des horizons supérieurs du bri et leur évolution pédologique.*

Dès après son dépôt, l'argile à Scrobiculaires est soumise aux agents atmosphériques alors que s'y poursuit une activité microbienne importante. Sous cette double action, la pédogenèse commence ; elle se marque d'abord par une décarbonatation (F. VERGER, 1968, p. 363), la formation d'une croûte nodulaire, l'apparition d'une structure prismatique grossière, ainsi que de ségrégations gypseuses (D. RIGOMIER, J. DUPUIS, P. JAMBU, 1971). Parallèlement à cette évolution physico-chimique, le développement de la végétation entraîne la présence, dans les horizons superficiels, d'un «mat racinaire» assez développé. Alors que les alternances d'humectation et de dessiccation sont particulièrement favorables à la pédogenèse, la stagnation de la nappe superficielle entraîne une certaine gleyification, qui peut envahir tout le profil.

Dans un premier stade d'exploration, la plupart des critères de reconnaissance de la pédogenèse des marais, d'ordre physique (structure, couleur), peuvent être directement levés sur le terrain ; il est possible ensuite de procéder à des études plus détaillées. Ces travaux de terrain ont permis de vérifier l'existence de trois faciès de bri. Un bri de couleur gris bleu, constitue l'essentiel de la formation sédimentaire ; au-dessus, et sur une épaisseur de l'ordre du mètre, deux teintes principales s'affirment : un bri brun à brun-rouge, en position «littorale» et un bri gris vert à vert-olive, en position plus «continentale» ; un quatrième faciès, dit «bri continental» dans le Marais Poitevin (J. DUPUIS, R. NIJS, R. SALIN, B. FOURNIER, 1968-1969) s'observe parfois en lisière continentale, surtout en bordure nord du Bassin de Rochefort.

Les sols des Marais Charentais ayant été explorés par des chercheurs de l'Institut National de la Recherche Agronomique, on s'efforcera de rechercher quels renseignements supplémentaires des méthodes inspirées de travaux belges et néerlandais peuvent apporter à la connaissance de la cinématique spatiale de la sédimentaion : répartition des faciès de bri brun et de bri gris-vert, profondeur du niveau d'hydromorphie principalement ; la perspective est donc plus géologique que strictement pédologique. Plutôt que réaliser une cartographie pédologique détaillée qui sera un jour nécessaire, on a préféré montrer à plus petite échelle l'intérêt géomorphologique et pratique de certains développements de l'étude pédologique des sols et formations des marais maritimes.

1 - CARTES DE RECONNAISSANCE A 1/100 000

L'un des premiers travaux effectués par les chercheurs de l'Institut National de la Recherche Agronomique à Saint Laurent de la Prée a été de lever une carte schématique des sols de marais, à partir d'observations de terrain. Cinq critères ont été retenus :

- l'épaisseur de l'horizon décarbonaté
- la présence d'un horizon à gley
- la teinte du substrat
- la présence d'un mat racinaire en surface
- la présence de matière organique en surface

La *figure 168* reproduit les observations faites dans le marais de Muron. La décalcification est très avancée, surtout entre Muron et Tonnay-Charente ainsi qu'en bordure ouest, près de Loiré-les-Marais ; la matière organique est très abondante dans les poches de marais proches des bordures, aux environs de Flay, plus rare à l'est de Loiré ; les horizons à gley affectent toute la partie centrale de ce marais, recouverte en grande partie par un mat racinaire. A l'exception du sud-ouest, tous les sols de ce marais sont développés sur un bri de couleur brunâtre, dit «bri intermédiaire».

Ces cartes posent les principaux problèmes pédologiques des Marais Charentais, teinte des sols, existence des phénomènes d'hydromorphie, évolution différenciée en fonction de l'importance de la décalcification, etc... Toutefois, les limites proposées sur la carte de reconnaissance ne peuvent guère être expliquées par des hypothèses géographiques : la décalcification par exemple semble indépendante aussi bien de l'époque de construction des digues comme dans le Marais Poitevin (D. GARNIER, 1975, *figure 6*) que du réseau de chenaux de marée ; la matière organique n'est abondante que près de certaines bordures ; elle n'existerait pas dans les

*Tarière «Bonne Espérance» du Laboratoire de Pédologie de Poitiers (Mr J. DUPUIS).

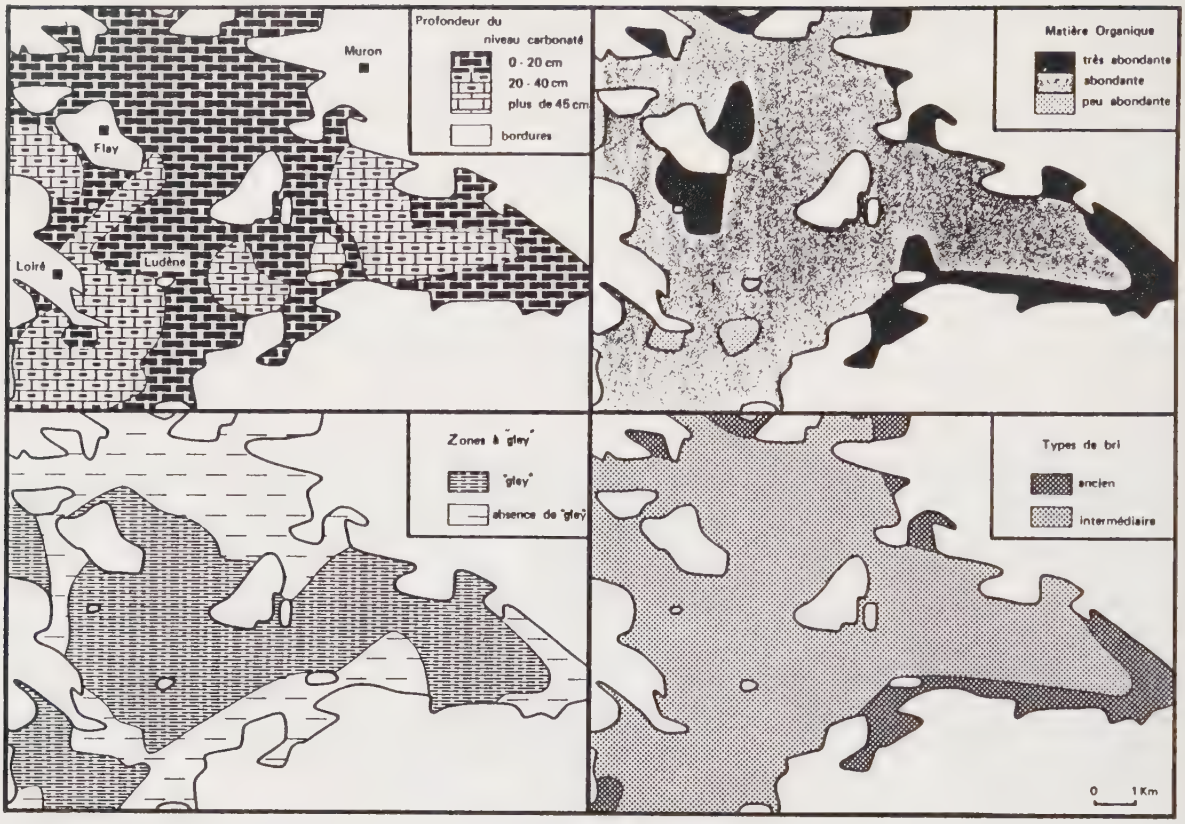


Figure 168 :

Quelques caractères des sols du marais de Muron

(d'après les levés inédits de l'INRA)

«marais boisés» proches de Muron, mais recouvre les marais déprimés des environs de Ludène et de Flay.

Cette carte montre quatre «faciès pédologiques» principaux, où les sols sont distingués en fonction de leur substrat : les sols humifères à tourbeux, les sols sur bri ancien, les sols sur bri intermédiaire, les sols sur bri récent.

Les sols humifères à tourbeux se caractérisent par la présence de débris végétaux en voie de décomposition répartis sur une épaisseur d'argiles grises de 3 à 10 cm ; le substrat est formé de bri gris bleuté, mélangé à des colluvions près de la bordure continentale et des îles ; ils correspondent à des régions fréquemment inondées ; les niveaux à gley y sont assez développés.

Les sols sur bri ancien sont de couleur gris à gris-vert à l'état humide, gris à gris bleuté à l'état sec. Ils présentent une structure prismatique, nette jusque vers 30 à 50 cm de profondeur. Dans le bassin de Muron dont ils couvrent la majeure partie, ils subissent une gleyification importante ; un mat racinaire dépassant 3 à 5 cm d'épaisseur les recouvre fréquemment.

Les sols sur bri intermédiaire de couleur brunâtre caractérisent une zone de transition où les teintes se fondent progressivement.

De couleur beige à rougeâtre, les sols sur bri récent seraient peu répandus dans le marais de Rochefort, à l'exception de la région du Dauphin et de l'estuaire de la Charente. Ce bri récent, assez superficiel, passe à une teinte gris bleu dès 0,60 à 1 mètre de profondeur : la présence de la nappe phréatique participe sans doute de l'explication de cette différenciation ; le bri est en effet toujours de couleur grise (ou gris-bleutée) dans les sondages au-dessous de la nappe phréatique permanente.

2 - BRI GRIS-VERT ET BRI BRUN

Les analyses effectuées dans le Marais Poitevin par le Laboratoire de Pédologie de Poitiers ont montré que le bri brun ou «récent» contenait moins de matière organique que le bri gris-vert ou «ancien», était salé, possédait une fraction limono-sableuse légèrement plus importante mais renfermait les mêmes fossiles *(Scrobicularia plana sp. piperata, Cardium edule, Ostrea edule)* ; la composition minéralogique est identique (illite très dominante, chlorite et kaolinite présentes, traces de montmorillonite). (J. DUPUIS, R. NIJS, B. FOURNIER, 1969). J.P. PLATEL et P. MOREAU (1977) ont montré l'imbrication des affleurements de bri ancien et de bri récent dans le marais de Brouage *, continuant les levés de J. DUPUIS, J. DUCLOUX, J. GABILLY (1972) pour la feuille de Marans et de F. VERGER, J.P. BARUSSEAU, J. DUCLOUX et J. GABILLY (1978) pour la feuille de L'Aiguillon.

Les limites entre ces deux faciès, telles qu'elles apparaissent sur les cartes de Marans (J. DUPUIS,

*Les limites portées sur la carte s'efforcent de montrer (notice p. 32) le réseau «complexe et changeant» des chenaux de marée, appelés ruissons.

J. DUCLOUX, J. GABILLY, 1972) ou de l'Aiguillon sur Mer (F. VERGER, J.P. BARUSSEAU, J. DUCLOUX J. GABILLY, 1978) montrent que le bri ancien se situe en position moins maritime que le bri récent ; dans le marais de Brouage (J.P. PLATEL, P. MOREAU, 1977), la disposition est comparable . Par contre dans le marais de Rochefort, les levés de reconnaissance de l'I.N.R.A. montrent :

- un bri «récent», de couleur beige
- un bri «ancien», de couleur gris-vert
- un bri «intermédiaire»

En bordure nord de ce marais de Rochefort, le long des affleurements de calcaires séquaniens et en particulier entre la Tublerie (Ballon) et Fougerolle (St Crépin), une couche noirâtre de quelques centimètres d'épaisseur, contenant parfois des coquilles de Mollusques d'eau douce *(Planorbis)* mais jamais de *Scrobicularia,* et passant latéralement aux colluvions de bas de versant, recouvre le bri ancien comme le bri récent. J. DUPUIS et coll. (1969, p. 51-52) ont nommé «bri continental» un faciès de ce type, situé entre les marais proprement dit et les vallées de l'arrière-pays. Dans le marais de Rochefort, les inondations printanières, dues à l'émergence de la nappe du Séquanien, piègent dans cette région les limons apportés par la Gère, la Devise ou les écoulements hypodermiques des vallons affluents entre Thairé, Muron et Fougerolle et au nord-est d'Agère ; les sols de ces régions riches en matières organiques, ont souvent une couleur noirâtre sur quelques centimètres, et comportent des horizons supérieurs franchement tourbeux. Il importait donc de vérifier sur le terrain quelle était l'extension des différents faciès de bri dans le marais de Rochefort, de rechercher l'origine de ces oppositions, que R. NIJS (1974, 1978) et D. GARNIER (1975) avaient étudiée dans le Marais Poitevin, J. MOUNES (1974) dans le Marais Breton.

a) Les types de bri du Marais de Rochefort (figure 169)

Les levés effectués à la tarière à main ont permis d'établir la *figure 169* qui indique la teinte du bri à une profondeur de l'ordre de 40 à 50 cm, afin de s'affranchir le plus possible des perturbations créées par les anciens labours. Les sondages ont revêtu un caractère plus systématique dans la partie orientale du marais de Muron que dans la partie centrale.

L'opposition entre un marais de Muron où domine le bri «gris-brun» et un marais de Voutron rempli de bri brun est nette, comme sur la carte schématique de l'I.N.R.A. ; mais l'existence de poches de bri gris-vert près des bordures nord, d'un golfe de bri brun clair près de Rochefort montre que le bri est d'autant plus sombre que l'on s'éloigne de la Charente (et de la mer) vers le nord et vers l'est. Deux sites paraissent propices au développement du bri gris vert : les parties «continentales» et les zones abritées, derrière les îles comme près de Liron ou en arrière des cordons littoraux du Marouillet par exemple ; la présence de bri gris - vert en arrière des cordons de Charron avait déjà été observée dans le Marais Poitevin (D.GARNIER, 1975, *figure 32).*

Le bri de couleur beige, passant progressivement au brun rouge près du littoral couvre la plus grande partie du marais à l'ouest et au sud de l'île d'Albe.

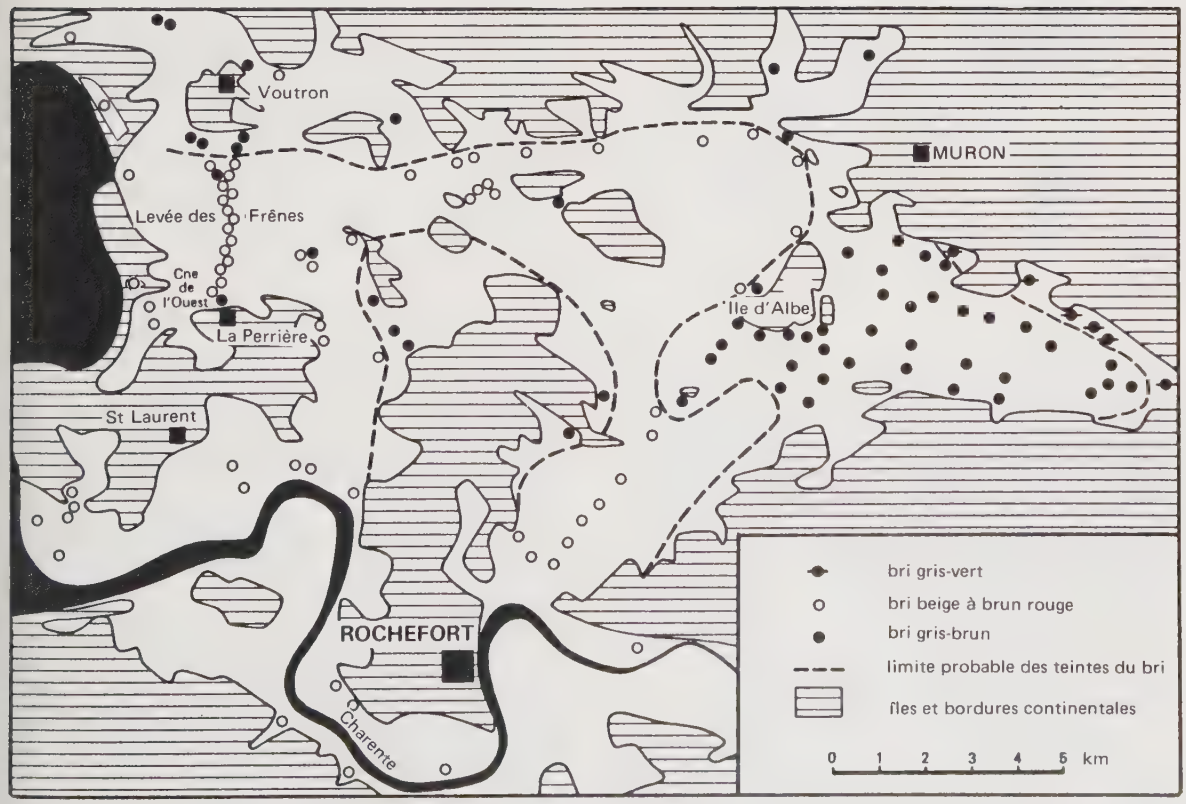


Figure 169 :
Teintes du bri reconnues dans le marais de Rochefort (129 sondages)

En profondeur, il laisse la place vers 80 à 100 cm, à un bri bleuté, très plastique, qui flue dans les sondages, près de la Charente en particulier.

Le fait que ce bri gris bleuté supporte aussi bien le bri gris-vert que le bri beige ou le bri brun des laisses récentes suggèrerait que ce changement de couleur est dû à la pédogenèse et particulièrement à un meilleur draînage, donc à une meilleure oxygénation. Mais les teintes gris-vert et beige, occupant des régions spatialement distinctes, caractérisent peut-être deux faciès superficiels. Ainsi le bri gris-vert serait du bri bleu mis en place avant la dernière régression et aurait aussi subi une pédogenèse plus longue que le bri brun, mis en place, après cette dernière régression et dont la pédogenèse, plus courte a été perturbée par l'intervention humaine. C'est ce que suggérerait le sondage des Courtins à Muron (P. BOURGUEIL, P. MOREAU, 1972, p. 15) où une couche de bri bleu-vert à intercalations tourbeuses a été rencontrée entre 10,55 et 16,50 m de profondeur (18 à 14 m NGF environ) : la tourbe à 14,05 m a été datée de 8140 ± 330 BP (LYO 1043) et la tourbe à 16,1 m a été datée de 8380 ± 250 BP (LYO 1042). *

Notre but a donc été de vérifier ces hypothèses, par des profils effectués sur des transects perpendiculaïres à d'anciens chenaux de marée (transect Voutron-La Perrière, en travers du «chenal du Dauphin»), ou tracés entre un chenal et la bordure continentale (de Rochefort à l'Ile d'Albe, au Nord du Havre de Brouage).

– Le profil Voutron - La Perrière : bri ancien, bri récent et cinématique du colmatage

Entre les îles de St Laurent - Fouras et de Voutron on a implanté 20 sondages à la tarière, descendus jusqu'à 1,20 m sur une distance de 4 km, afin de rechercher dans un environnement de bri récent, quelles étaient les modalités de contact entre les différents types de bri : les résultats sont consignés sur la *figure 170.*

Sur cette coupe, le bri bleu apparaît à plus d'un mètre de la surface sous le canal de la Levée des Frênes (qui reprend le tracé du chenal du Dauphin, cf. p. 183). Au-dessus du bri bleu, un bri gris noir à gris brun surmonte un bri beige.

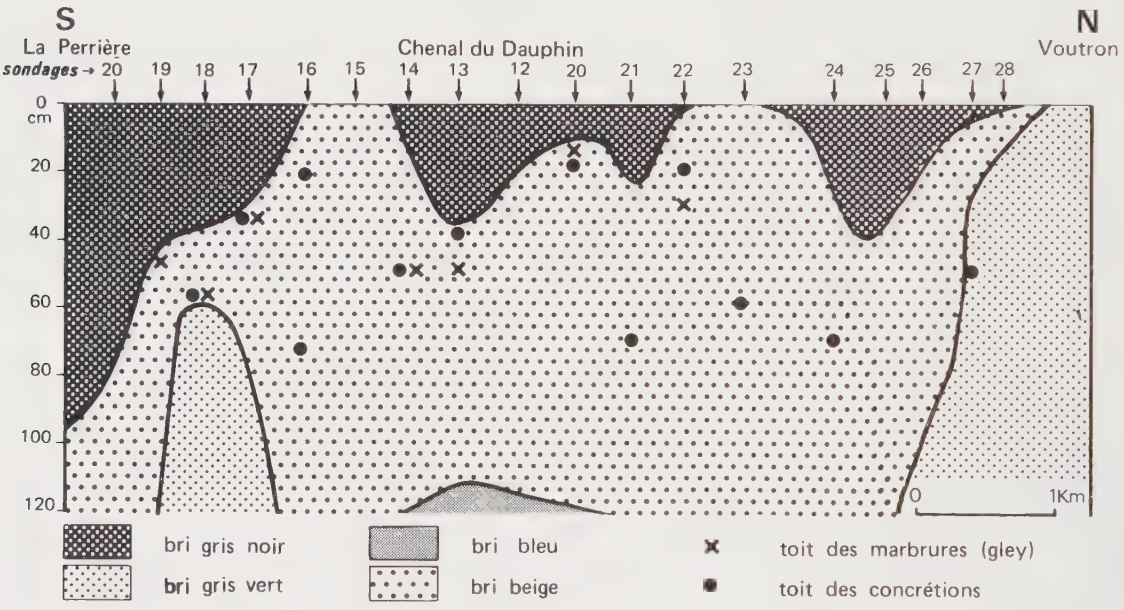


Figure 170 :

Profil géopédologique Voutron - La Perrière

Des dispositions comparables du bri, poche de bri noirâtre entourée par un bri gris - brun, se retrouvent au sud près de La Perrière et au nord, au voisinage de l'actuel canal des Prés - Fourgons. Si, près de La Perrière, la présence d'un ancien chenal de marée est probable dans cette zone déprimée, comme on peut l'observer sur le cliché France SO - 1945 - 011 - 8080 - 21**, aucune trace d'un «chenal des Prés - Fourgons» ne peut être produite. Cette région semble cependant être caractérisée actuellement par un assez mauvais drainage.

Le colmatage ayant progressé à partir des bordures, un bri gris-vert compact se rencontre au nord comme au sud près de La Perrière, où la transition avec le bri brun est progressive.

Dans une masse homogène de bri de couleur beige à brune, s'indivualisent trois anciens chenaux de marée, marqués par des faciès gris-brun à gris verdâtre encadrant un bri noirâtre, assez riche en humus. Ce bri noirâtre pourrait correspondre aux anciens chenaux, barrés à l'aval par le cordon de galets issu du Rocher d'Yves. Les marais gâts à l'emplacement de l'ancien chenal nord indiquent que le colmatage était déjà achevé avant le Xème siècle dans cette région ; le dépôt de bri de l'actuel «Marais de Fouras» serait plus récent.

Il est donc tout à fait possible de mettre en relation la distribution des couleurs du bri superficiel, bri beige à brun et bri gris-vert, avec la cinématique de la sédimentation entre deux îles, de part et d'autre d'un vaste «havre» ou chenal de marée. Ainsi le profil Voutron - La Perrière autorise à conclure en l'origine «chronologique» des deux types principaux de bri. Il en est de même dans le marais de Brouage où la coupe *(figure 171)* a été établie à partir des seuls marais plats. On observera que l'emplacement de l'ancien Havre de Brouage, du chenal de Belleville et d'un chenal au nord de Loubresse sont remplis de bri brun, récent.

* Datations inédites, aimablement communiquées par B. BOURGUEIL que nous remercions.

** Infra, figure 254, p. 389.

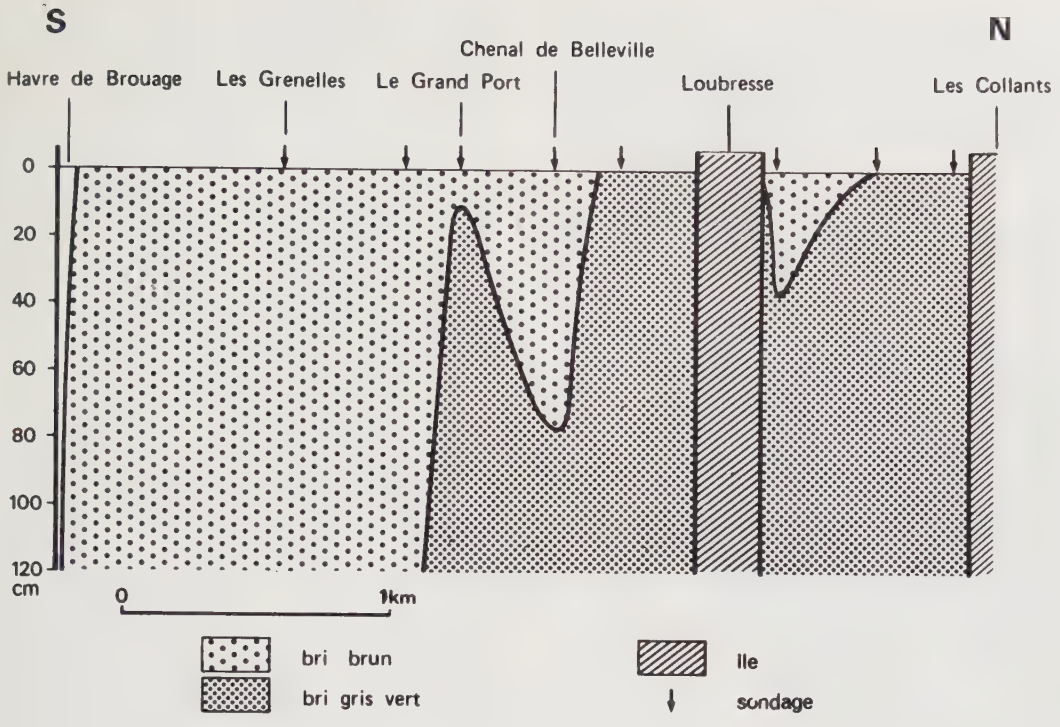


Figure 171 :

Profil géopédologique dans le marais de Brouage

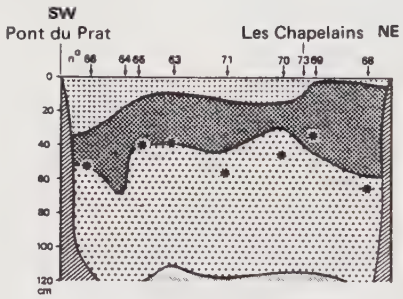
– Le profil de la Levée des Courtins *(figure 172 a)*

Le profil de la Levée des Courtins a été relevé à l'ouest de la route de Tonnay-Charente à Muron. Il montre quatre ensembles sédimentaires superposés ; des dépôts tourbeux plus développés au sud (20 à 30 cm) qu'au nord (5 cm), un bri gris-vert à brunâtre, compact, épais de 20 cm au sud à 50 cm au nord, reposant sur un bri beige épais de 60 cm en moyenne ; vers 110 à 120 cm de profondeur, le bri bleu, très plastique est atteint alors qu'il était plus profond dans les marais d'Yves.

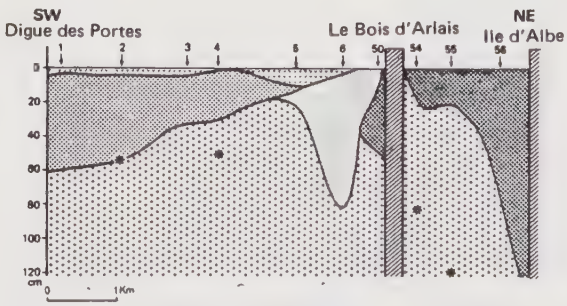
Le bri de couleur beige étant considéré comme du «bri récent», le bri gris-vert à noirâtre qui le surmonte, ne peut guère être du «bri ancien». En fait, il ne s'agit pas d'un bri gris-vert typique, mais plutôt d'un bri sombre à reflets bruns ou beige, en quelque sorte un bri récent enrichi en dépôts organiques au contact de la «tourbe» supérieure. La différenciation serait donc d'origine pédologique, due à l'humus, et il n'existerait de bri ancien typique dans cette partie du marais de Muron qu'à la bordure nord-est. Ce bri gris à brunâtre correspond au bri intermédiaire de la *figure 168.*

– Entre Rochefort et l'Ile d'Albe *(figure 172 b)*

Le long de la route de Rochefort à Surgères, les faciès pédologiques du bri sont les mêmes que plus à l'est : bri gris à brunâtre, riche en humus surmontant un bri brun à beige et recouvert de quelques centimètres d'humus en formation («mat racinaire»). Par contre, à proximité de l'Ile d'Albe, un bri gris-brun à gris-vert est plus épais. On ne considérera donc comme «bri ancien»



A. LEVÉE DES COURTINS



B. ENTRE ROCHEFORT ET L'ILE D'ALBE

Figure 172 :

Profils géopédologiques dans le marais de Muron

véritable que le bri de couleur gris-vert de plus de 120 cm d'épaisseur : il s'agit alors d'un faciès, plus anciennement sédimenté, en bordure de l'île.

L'originalité de ce profil provient d'une masse de bri bleu observée dans deux sondages au sud du Bois d'Arlais, à l'emplacement de l'ancien chenal du marais St-Louis. Si cette couleur dénote l'hydromorphie quasi permanente, il faut voir dans cette «poche» la trace de l'ancien chenal de marée, colmaté juste avant l'endiguement du XVIIème siècle. P. JAMBU et R. NIJS (1966, p. 576) ont décrit dans le Marais Poitevin des sols hydromorphes de ce type, liés à des nappes permanentes, ce qui est le cas de cette zone où l'eau affleure pendant presque toute l'année.•

Ainsi, il est donc possible de distinguer dans le Marais de Rochefort :

- un bri gris-vert, compact, épais, assez peu répandu.
- un bri brun, couvrant l'essentiel du marais, les teintes oscillant entre le brun-rouge des prises récentes et le gris-brun des zones internes parfois

• Particulièrement étendue, cette région humide a longtemps découragé la rénovation par drainage.

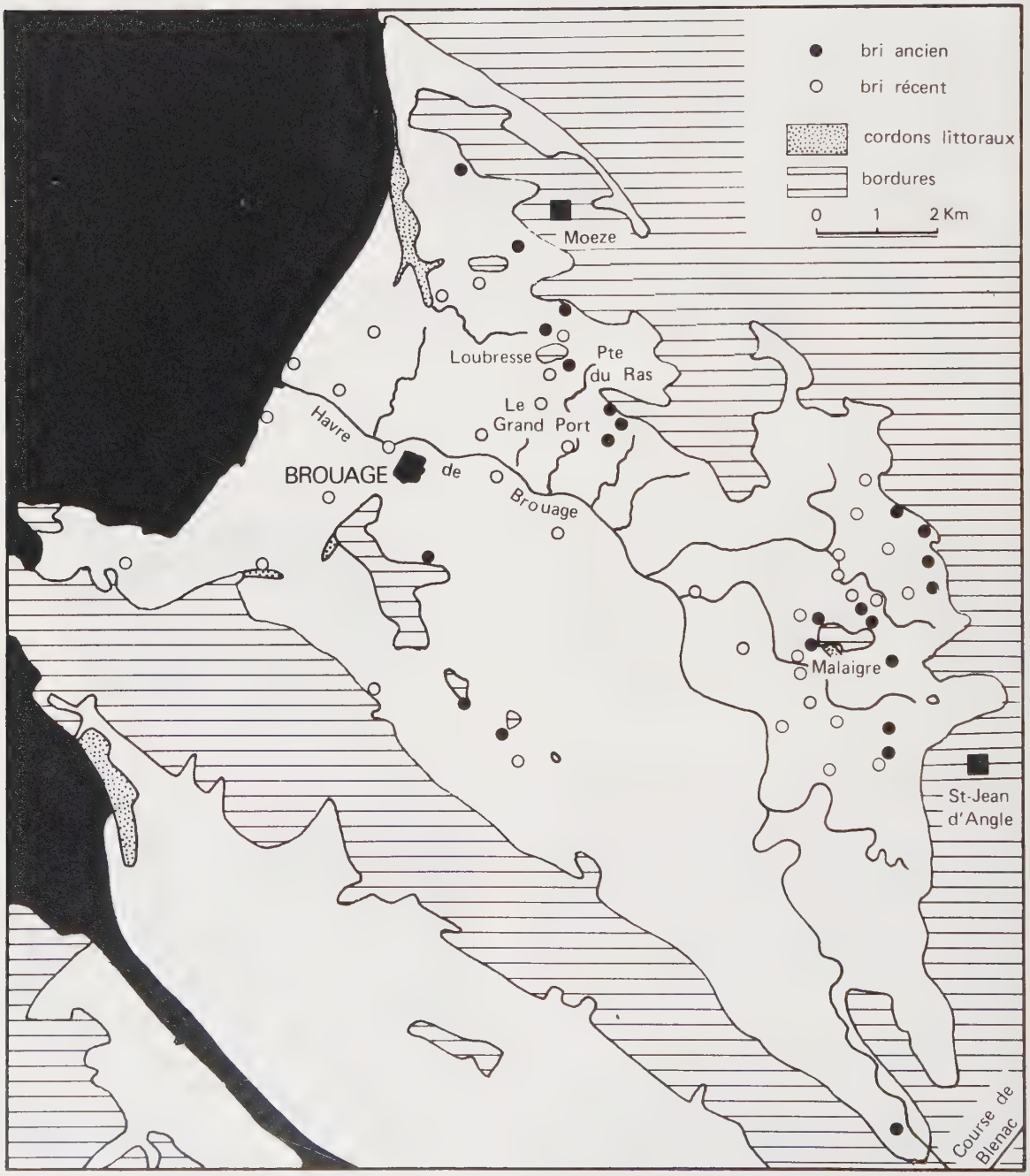


Figure 173 :
Types de bri observés dans des marais plats du bassin de Brouage et réseau de chenaux de marée

recouvertes d'un mat racinaire plus ou moins épais.
- un bri bleu, plastique, profond.

b) Les types de bri du Marais de Brouage

Le marais de Brouage se caractérise par le grand développement des marais gâts : une recherche pédologique détaillée, doit s'y effectuer à plus grande échelle. Pour cette étude exploratoire, on s'est efforcé, à partir de sondages effectués dans les seuls marais plats subsistants, de vérifier si le modèle mis en évidence dans le marais de Rochefort était valable ; pour une étude plus détaillée, une prospection systématique à grande échelle à travers une série de bossis et de bassins serait nécessaire.

Les sondages réalisés au nord, dans les marais plats de Moëze montrent *(figure 173)* que le bri «ancien» se trouve confiné dans les anfractuosités, en arrière des îles ou des cordons littoraux ; cette disposition paraît être un fait général. Le bri récent beaucoup plus répandu souligne le caractère récent de la sédimentation superficielle dans ce marais ; sa répartition est liée au tracé du Havre de Brouage et de ses affluents. Le bri récent type de couleur brune, qu'on peut observer en avant des digues du XVIIème siècle de chaque côté de l'actuel Havre de Brouage entre en contact de façon très progressive avec le bri ancien typique, de couleur gris-vert (profil réalisé entre Brouage et Moëze, de part et d'autre de l'île de Loubresse). R. NIJS (1978, p. 407) avait déjà observé ce fait dans le Marais Poitevin. De plus, le bri récent repose parfois sur un bri bleu à gris-vert au sud de la Pointe du Ras, près de La Taillée du Grand Port, près de Malaigre et de St-Jean d'Angle par exemple. Dans la mesure où ces sondages sont situés à l'écart des chenaux de marée, on peut imaginer qu'après une évolution pédologique conduisant à l'individualisation d'un bri brun-vert, la région a été recouverte de 10 à 50 cm de bri récent : est-ce l'effet d'une remontée récente du niveau marin après une régression ? Cette disposition, relevée dans les marais plats déjà signalés comme tels sur les cartes et photographies anciennes, ne doit pas être confondue avec les observations que l'on peut effectuer dans les marais gâts nivelés, où le bri récent, oxydé et brun des bossis a été répandu à l'emplacement des bassins : dans ce cas une couche de «tourbe», avec macrorestes de phragmites, prend généralement place entre les deux faciès de bri.

Les sondages effectués dans la partie orientale, de part et d'autre de Malaigre, ont montré que la disposition des faciès de bri en fonction des chenaux de marée, déjà observée entre Voutron et La Perrière, était un fait général*.

L'étude détaillée des sols dans les marais gâts nécessiterait une cartographie à l'échelle de 1/1 000, car leurs faciès varient beaucoup sur de faibles distances, selon que l'on a affaire aux bossis ou aux bassins. Des observations faites lors du recalibrage de fossés qui franchissent les prises de marais montrent que les bossis présentent exclusivement un faciès de bri récent, brun-beige vers l'intérieur du marais(Malaigre) à brun-rouge en direction de la Baie de Brouage : ceci souligne le caractère oxydé («récent ?») du bri de ces bossis, érigés entre le Xème et le XVIIème siècle ; un horizon hydromorphe est situé à quelques centimètres au-dessus du fond du bassin.

Les distinctions entre le bri gris-vert et le bri gris-brun sont très délicates sur le terrain, car beaucoup de phénomènes interviennent pour déterminer la couleur du bri (oxygénation, hydromorphie, etc...). Des levés plus détaillés seraient souhaitables. Il apparaît cependant que la disposition géographique de ces teintes puisse être mise en relation avec les chenaux de marée actuellement décelables (marais de Muron) ou même enfouis (sud de La Perrière).

La réalisation de profils géopédologiques a donc montré que le bri «récent» de couleur brune à beige couvrait la majeure partie des Marais Charentais : ce bri récent est parfois surmonté d'un bri brun-gris à brun verdâtre, bri récent enrichi en matière organique sur lequel reposent des formations tourbeuses et/ou un mat racinaire. Le bri ancien typique de couleur gris-vert à vert-olive, beaucoup plus rare, ne se rencontre guère que dans les anfractuosités des marais, en arrière des îles des cordons littoraux, à proximité des îles comme Voutron enfin.

Il est difficile de préciser la valeur chronologique des expressions bri «ancien» et bri «récent» ; néanmoins, la présence de bri «ancien» en avant (côté mer) du cordon de La Platière daté des derniers siècles avant J.C. et en arrière de cordons remontant à la fin du premier millénaire (Angoute - Le Marouillet) autorise l'hypothèse d'un bri ancien soumis à la pédogenèse depuis le premier millénaire de notre ère. De toutes façons, le matériau fondamental, la «roche mère» au sens pédologique est le bri gris bleu qui a colmaté les marais ; les teintes beige, brun et gris-vert, résultent a priori, de pédogenèse naturelle, perturbée par l'activité humaine. Il est possible que le drainage anthropique ait perturbé une pédogenèse aboutissant normalement au bri gris-vert ; ceci expliquerait la variété des teintes de bri que l'on observe dans les Marais Charentais.

3 - LES CLASSES DE DRAINAGE

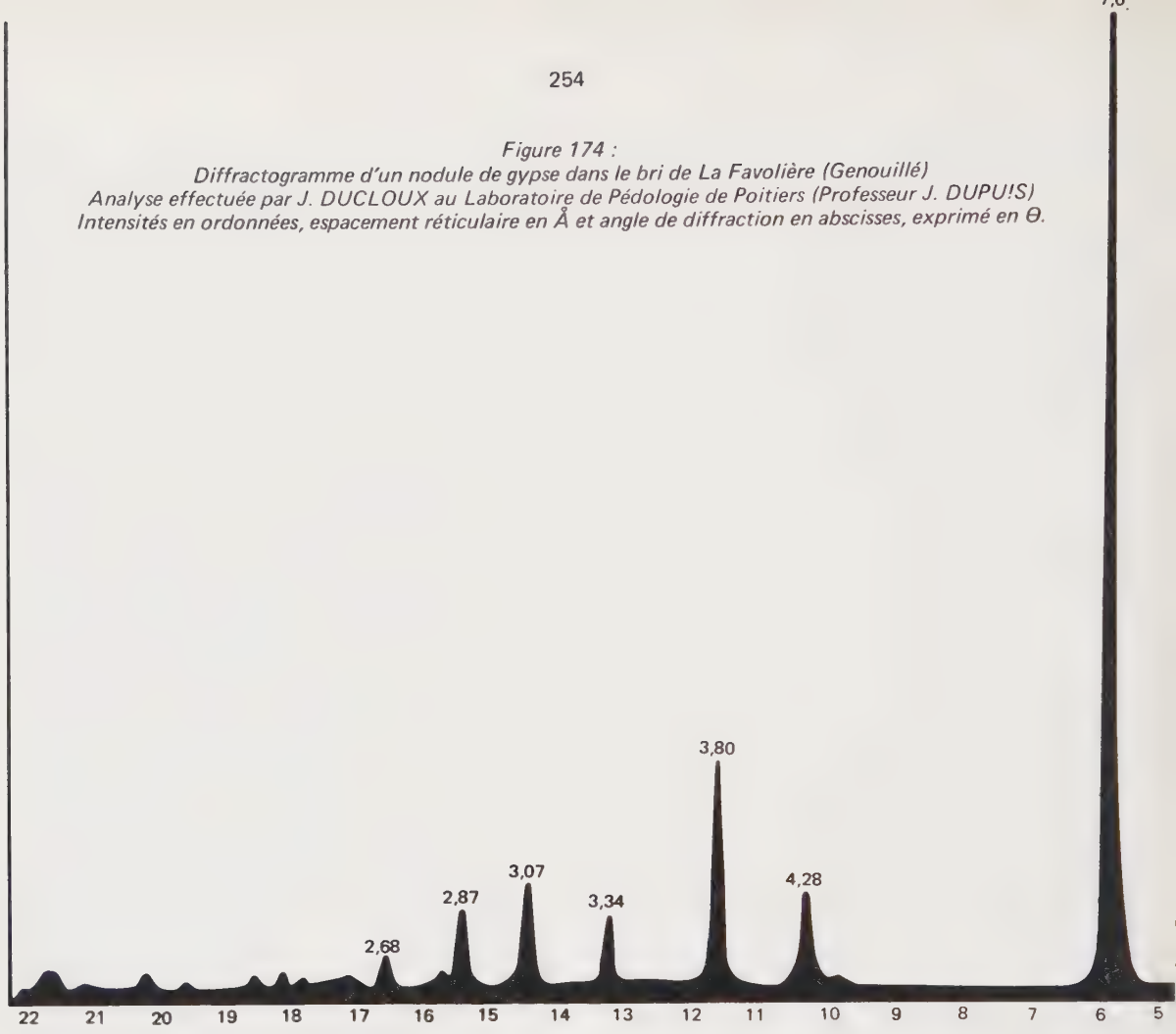
R. TAVERNIER et R. MARECHAL (1958) ont établi une classification morphogénétique des sols adaptée à une cartographie de reconnaissance des sols des Marais Charentais. Trois critères définissent les séries principales : la texture, le drainage naturel et le développement du profil. Chacun de ces critères est représenté par une lettre, majuscule pour la texture, minuscule pour le drainage (a à f) ainsi que pour le développement du profil (p désigne les profils peu développés - sols plus ou moins hydromorphes et humifères peu évolués alluviaux ou colluviaux - r, les sols peu évolués d'apport marin très récents, salés à faible profondeur). Avec ces conventions, un profil peu développé sur bri argileux ancien mal drainé est désigné par Ufp (argile lourde, horizon de réduction entre 20 et 50 cm, sans profil net). Des **séries dérivées** peuvent être distinguées en fonction du substrat, indiqué à gauche de la série principale, de la profondeur de ce substrat indiqué à droite ; pour une cartographie plus détaillée, des **phases** peuvent être identifiées, comme la présence d'une couche superficielle mince et noire très humifiée signalée par *(o)* à la fin du code. Ainsi, un sol Ufp développé sur un bri de 80 cm d'épaisseur reposant sur des marnes et recouvert de mat racinaire en voie d'humification sera désigné par iuUfp31o.

i : substrat marneux	à plus de 80 cm	1
u : substrat argileux lourd		
U : sol sur argile lourde (bri)		
f : drainage pauvre		
p : horizons peu développés	sur 10 à 40 cm	3

(o) : surmonté par une couche humifère noirâtre.

*Sur la carte géologique de St Agnant, le faciès «bri récent» encadre les chenaux de marée principaux et s'insinue jusqu'au delà de Cadeuil, le long de la Course de Blénac.

Figure 174 :
Diffractogramme d'un nodule de gypse dans le bri de La Favolière (Genouillé)
Analyse effectuée par J. DUCLOUX au Laboratoire de Pédologie de Poitiers (Professeur J. DUPUIS)
Intensités en ordonnées, espacement réticulaire en Å et angle de diffraction en abscisses, exprimé en Θ.



Ces distinctions, nécessaires pour une cartographie détaillée à des échelles de l'ordre de 1/10 000 à 1/25 000, ne peuvent être retenues pour une cartographie à l'échelle de 1/100 000, où la distinction des séries principales semble suffisante. De cette classification, on retiendra surtout les classes de drainage, dont l'intérêt pédologique (hydromorphie) et pratique (possibilités de drainage) est particulièrement important. L'étude de profils précèdera une cartographie des types de drainage dans le marais de Muron.

a) L'hydromorphie entre Voutron et La Perrière

Sur le schéma *(figure 170)* établi à travers du Marais d'Yves, on a porté pour la plupart des sondages la profondeur de deux phénomènes liés à l'hydromorphie, les marbrures bleutées à brunes et les concrétions calcaires.

Les marbrures (marmorisation) caractérisent les horizons d'hydromorphie (P. DUCHAUFOUR, 1970, p. 63) ; elles sont formées d'alternances de lits bruns et bleus de quelques millimètres d'épaisseur, accompagnées le plus souvent de taches de couleur rouille à jaunâtre. Sous un horizon humifère Ao (sondages nº 18, 14, 13 par exemple), des taches rouille, de petits nodules correspondent à la zone d'oscillation de la nappe et identifient un horizon intermédiaire (Go de P. DUCHAUFOUR, 1970, p. 329) dont la base n'est atteinte par les sondages de 1,20 m qu'à la verticale du chenal de la Suze, où apparaît la teinte gris-bleu du bri hydromorphe de façon pérenne. Dans ce secteur, le battement de la nappe phréatique est réduit, de l'ordre de 60 à 70 cm, alors qu'il est supérieur partout ailleurs.

Dans le bri*, il n'est pas rare de rencontrer dans les sols des «nodules farineux» (F. VERGER, 1968, p. 362) ou concrétions calcaires de quelques millimètres de diamètre au contact entre les horizons humiques (bri gris-brun le plus souvent) et l'horizon intermédiaire Go. Parfois, et en particulier dans le bri ancien très compact de la bordure nord du Marais de Rochefort, la présence de nodules blanchâtres de gypse *(figure 174)*, souligne la mauvaise qualité agronomique de ces sols.

L'hydromorphie constitue une contrainte majeure à la mise en valeur des sols de marais ; cependant le profil *(figure 170)* fait apparaître que ce phénomène ne présente pas la même importance dans tout le marais : une cartographie de reconnaissance de ce phénomène paraît donc utile.

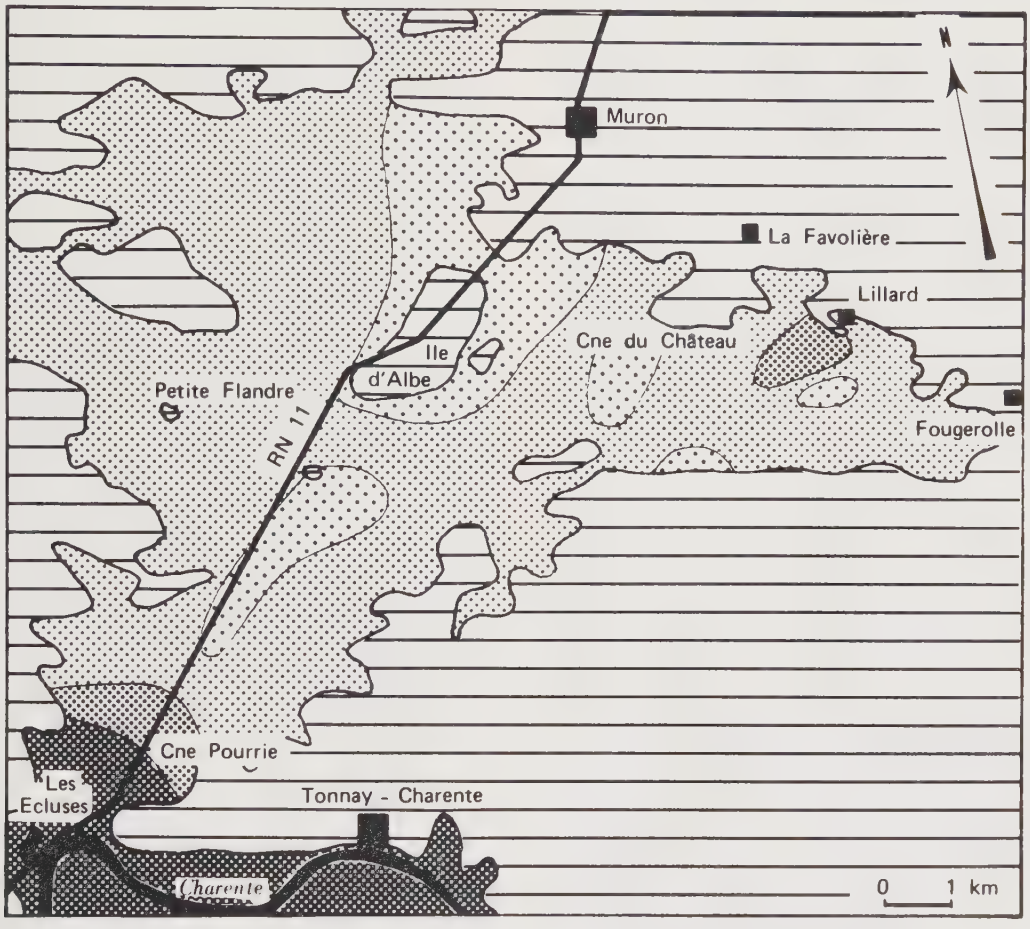
b) Les classes de drainage du Marais de Muron

Les sols reconnus dans le marais entre Muron et

* si le bri contient jusqu'à 35,5 % de calcaire à 6 m de profondeur, la teneur médiane de 44 mesures effectuées sur des échantillons prélevés à 1 m de profondeur est de l'ordre de 8 % ; le bri du marais de Voutron paraît plus pauvre en calcaire (21 mesures inférieures à 2 %). Analyses Laboratoire de Géomorphologie du CNRS, Caen.

Tonnay-Charente appartiennent à la série U-p : sols sur argile lourde, au profil peu développé ; dans les poches de marais des bordures, vers Tonnay Charente, Fougerolle, Lillard et La Favolière, des sols sur colluvions du Jurassique ou du Crétacé appartenant aux séries Edp, voire Eep, n'ont pas fait l'objet de sondages systématiques. Les principales distinctions utiles concernent les classes de drainage naturel *(figure 175)*, qui font apparaître un fort gradient à proximité des Ecluses de Rochefort, et une répartition plus aléatoire dans le marais situé en arrière. Deux sites principaux de drainage «assez pauvre» s'individualisent : la bordure Nord près de l'île d'Albe et quelques taches isolées au milieu du marais. Les sols y appartiennent à la série Uep, si l'on se fonde sur la profondeur d'apparition des phénomènes d'oxydo-réduction 20 à 50 cm , voire Ufp si l'on retient que l'horizon de réduction, marqué par les teintes grises à bleues apparaît souvent au-dessus de 80 cm.

Les taches isolées dans la partie centrale correspondent aux régions de confluence des chenaux de marée identifiées supra *(figure 112)* ; au sud de l'île d'Albe, la série Uep concerne non seulement la confluence des chenaux de la Petite Flandre, mais aussi



classes de drainage

Profondeurs des phénomènes d'oxydoréduction

b	favorable	plus de 120 cm	
c	modéré	80 à 120 cm	
d	imparfait	50 à 80 cm	
e	assez pauvre	20 à 50 cm	
f	pauvre	0 à 20 cm	*Cette classe n'est pas représentée dans le secteur cartographié*

Figure 175 :
Classes de drainage dans le marais de Muron

une bande étroite allongée le long de la RN 11 en direction du sud, comme si la modeste éminence sous cette dernière gênait l'écoulement des eaux ; dans tout ce secteur, le sol est recouvert de 5 à 10 cm d'humus en voie de tourbification. A proximité de l'île d'Albe, le drainage est aussi «assez pauvre», avec des horizons de réduction entre 20 et 50 cm : une suralimentation en eau par les marnes kimméridgiennes, inclinées vers le sud et à la faveur desquelles l'aquifère du Séquanien se déverse vers le marais en est sans doute responsable ; ajoutons que la nature moins excluvisement argileuse du substrat situe ces sols à la limite de la classe Eep, voire localement Efp.

L'ensemble des sols de ce marais appartient donc à la série U-p avec quelques variations dues aux modalités du drainage. Les sols des séries Udp ou Uep se caractérisent par la présence d'une nappe phréatique permanente, ayant entraîné la formation d'une zone d'oxydo-réduction à des profondeurs situées entre 50 et 80 cm (d) ou 20 à 50 cm (e) ; dans les sondages, cette zone se marque par des taches de teinte rouille dues aux alternances d'assèchement et d'inondations ; on y trouve parfois des concrétions calcaires enrobées de sels de fer, voire du gypse ; ce niveau à marbrures et concrétions, surmonte une zone réduite, de couleur gris bleuâtre, horizon de réduction associé à une nappe phréatique permanente (gley). Dans la partie centrale du marais de Muron, cet horizon est rarement atteint à 120 cm de profondeur, comme le montre la coupe *figure 172* qui rassemble les observations faites sur 9 profils effectués le long de la levée des Courtins. L'importance de la couche humifère superficielle, la dominance de la couleur brune à beige dans le bri, le grand développement des phénomènes de gleyification caractérisent les sols représentés sur ce profil, avec la très forte compacité des horizons superficiels, où la matière organique s'insinue dans toutes les fentes du sol. Cette forte teneur en matière organique diminue en direction de la Charente, comme J. DUPUIS et *alii*. (1969, p. 112) l'ont observé en direction de la mer dans le Marais Poitevin.

Des levés plus détaillés permettraient d'atteindre des conclusions plus fines, dont le profil ci-dessus donne une idée. Ainsi les sols de la bordure nord par exemple, développés sur un bri qui n'atteint pas 1,20 m de profondeur, et reposant sur les marnes, recouverts de 5 à 15 cm d'humus, seraient désignés par i u U ep 31 ; les sols des dépressions de confluence des chenaux par uUdp^{o}, les sols sans humus par uUdp, etc... La cartographie des types de drainage, esquissée ici, pourrait être croisée avec la cartographie des différentes familles de sols présents dans les Marais Charentais ; il y a là matière pour donner lieu à une étude détaillée de pédologie, (R. NIJS, 1974) ou mieux de géomorphologie et de pédologie (P. MICHEL, J.H. DURAND, 1978). Notre propos se borne à essayer différentes méthodes et techniques de recherches sur un espace précis, en s'efforçant d'en mesurer l'intérêt pour la géographie physique.

Dans le cadre restreint du marais de Muron, on observera de ce point de vue la concordance des méthodes planimétriques et pédologiques : la carte pédologique de reconnaissance ne met pas nettement en évidence l'efficacité pédologique du drainage par les canaux artificiels, dont le réseau est resté impuissant à éliminer l'hydromorphie des zones de confluence des chenaux naturels. Ceci souligne, a contrario, l'importance d'une connaissance précise de l'altimétrie des marais pour établir un réseau de drainage superficiel. Par contre, les installations récentes de drainage sur parcelles nivelées, avec réseau de drains enterrés se substituant au drainage superficiel, pourront sans doute abaisser le niveau des phénomènes d'oxydo-réduction comme le suggèrent J. DUPUIS et alii. (1969, p. 112) :

Dans les marais plats, la classification génétique des sols de R. TAVERNIER et R. MARECHAL aboutit à des résultats concordants avec les méthodes précédemment utilisées : planimétrie, altimétrie, étude des formes d'aménagement. Elle permet aussi d'explorer le bri dans une troisième dimension, et d'observer l'influence de l'ancienneté du dépôt sur l'évolution pédologique, comme le transect le long de la levée des Courtins l'a montré.

4 - LES TENEURS EN CALCAIRE

Les teneurs en calcaire des dépôts récents constituent un moyen commode d'apprécier l'importance de l'évolution subie par un sédiment depuis son dépôt : la décarbonatation des horizons superficiels est en effet l'une des marques de la pédogenèse.

Le bri des Marais Charentais est un sédiment riche en calcaire, mais les teneurs en paraissent variables, atteignant 20 à 30 % selon F. VERGER (1968, p.348), mais 9,43 % pour le «bri naturel» et 21,20 % pour le «bri desséché» selon C. DURAND - CLAYE (1872) - valeurs sans doute interverties -. Par ailleurs, les teneurs en carbonates atteignent 45 à 50 % dans les claires de Châtressac (J. CHATIN, 1894), et 22 à 26 % dans le Marais Perdu, à La Rochelle (L.C.H.F., 1972). La calcimétrie semble assez faible dans le marais de Rochefort : environ 10 % à la bordure nord, de Luez au Gué Charrau, valeurs observées aussi près du site à sel de la Petite Aiguille (R. FACON, *in* C. GABET, 1973a), mais atteint 14 % sur le tracé de la voie ferrée de La Rochelle à Rochefort (M. MAIRAND, 1858, p. 81), et 1 à 2 % dans les horizons superficiels (0 à 40 cm) du marais de Genouillé (M. HURIEZ, 1957) et des marais de Tonnay-Charente (C.E. RIEDEL, 1959, p. 547) etc... Deux faits paraissent donc probables : la variabilité spatiale des teneurs en carbonates d'une part, la variabilité verticale des teneurs en un même lieu.

a) La variabilité spatiale

Dans le Marais de Rochefort, des calcimétries ont été réalisées sur les échantillons des sondages réalisés entre Voutron et La Perrière *(supra, figure 169)**. Les teneurs en carbonate de calcium de 18 échantillons prélevés à 1 mètre de profondeur permettent d'observer :

- des teneurs de l'ordre de 10 à 12 % pour le bri bleu, atteint par les sondages,
- l'opposition entre le bri du marais de Fouras caractérisé par de faibles teneurs (0,4 à 5,8 %), et le bri des marais des Prés Fourgons, sur la commune d'Yves, où les teneurs en carbonates varient entre 4,9 et 11 % (bri de teinte beige)
- une décarbonatation plus poussée aux emplacements des anciens chenaux de marée dont le tracé est assuré (chenal de la Suze et du Dauphin, 1,6 %) ou probables (chenal sud de la Platière ou des Prés Fourgons 4,9 %, chenal de la Perrière 0,4 %).

Cette répartition peut être due à des conditions différentes de sédimentation, le bri déposé en dernier dans les chenaux par exemple étant moins riche en calcaire que le bri plus ancien ; les plus faibles teneurs

* Analyses du Centre de Géomorphologie du CNRS à Caen.

du marais de Fouras pourraient être dues à un colmatage plus récent. Aucun document historique ne permet d'étayer cette hypothèse, mais les formes et les dimensions des exploitations salicoles ne s'y opposent pas - autant qu'on puisse en juger dans un marais nivelé - ; par ailleurs la teneur en carbonates, supérieure dans le bri bleu constitue un indice supplémentaire de l'augmentation de la teneur en carbonates en profondeur.

Des oscillations répétées d'ampleur métrique du niveau des pleines mers pourraient expliquer cette faible teneur des régions récemment sédimentées, le bri déposé pendant la phase d'ascension du niveau des pleines mers se trouvant décarbonaté lors de la phase descendante du niveau marin, et ainsi de suite ; cette hypothèse entre dans le cadre de l'évolution récente des niveaux de la mer (M. TERS, 1973 ; P. PIRAZZOLI, 1976, etc...).

Un argument supplémentaire peut être trouvé dans les teneurs du bri du marais de Brouage, toujours très faibles dans les marais plats : de 0,2 à 2 % au nord du Havre de Brouage comme entre Malaigre et Saint-Agnant (10 échantillons prélevés à 1 m de profondeur) ; or, ces régions n'ont été couvertes de marais salants que vers les XII-XIVème siècles* ; leurs teneurs en carbonates sont inférieures à ce que l'on observe à la même profondeur, dans une zone sans marais salants et plus anciennement colmatée, près de Liron dans le marais de Rochefort par exemple (3 à 11 %) : la présence de bri récemment déposé plus décarbonaté qu'un bri plus ancien, s'oppose donc à une origine exclusivement pédologique du phénomène.

On peut alors considérer comme probable l'existence d'un bri moins riche en carbonates dans certaines régions colmatées jusqu'au début du présent millénaire ; cette hypothèse est basée sur l'analyse d'une quarantaine de calcimétries d'échantillons sans coquilles visibles, prélevés à 1 mètre de profondeur. Par contre, les régions estuariennes et / ou très abritées sont plus riches en carbonates (6 à 8 %) sous forme de débris coquilliers en particulier : estuaire de la Charente, berges du Havre de Brouage, région de Bourcefranc, etc... On observera que cette différenciation ne recoupe pas l'opposition entre le bri récent et le bri ancien ; il en est de même dans le Marais Poitevin (J. DUPUIS et *alii,* 1968-1979 ; D. GARNIER, 1975, etc...).

b) La variabilité verticale

Les études néerlandaises ont mis en évidence, dans les niveaux superficiels du sol, une décarbonatation «secondaire» au sens de F. VERGER (1968, p. 432), c'est-à-dire due à la pédogenèse et au «vieillissement» sous l'action des agents climatiques ; cette décarbonatation croît en fonction du temps, comme le montrent les données établies par L.A.H. DE SMET (1962, p. 89) ; elle a pu être estimée à environ 1 % en 25 ans sous le climat pluvieux du Dollart (D.-J. HISSINK, 1935 ; J.-G. MASCHHAUPT, 1950). Ces travaux reposent sur l'hypothèse d'une sédimentation naturelle à teneur constante en carbonates, hypothèse contestée, en particulier par L.A.H. DE SMET. Dans le Marais Poitevin, les diagrammes publiés par F. VERGER (1968, p. 363) montrent une décarbonatation plus importante dans les horizons superficiels, mais perturbée par les labours ; pour R. NIJS (1978, p. 407) «l'horizon superficel A des sols sur bri (ancien et récent) sous prairie naturelle ne contient que 0 à 5 % de calcaire, mais... il suffit de labourer pour remonter le bri calcaire sous jacent et d'atteindre le pourcentage de 5 à 10 qui caractérise l'horizon A des champs cultivés».

Les mesures publiées par les pédologues (M. HURIEZ, 1957 ; C.E. RIEDEL, 1959, etc...) ont montré que les premiers décimètres du sol étaient décarbonatés ; les sondages de St-Jean d'Angle dans le marais de Brouage et de Vide-Bouteille dans le marais de Rochefort(infra, *figure 203)* confirment la présence d'horizons décarbonatés en surface, phénomène déjà observé entre Voutron et La Perrière où le bri bleu est plus riche en carbonates .

Le sondage de Vide-Bouteille montre des teneurs de l'ordre de 8 % entre 0,3 m et 2 m de profondeur, qui passent à 1,2 % à 3 m, 13 à 15 % entre 4 m et 5 m et 34 % à 6 mètres, dans un niveau coquillier. La décarbonatation de la base au sommet paraît régulière, à l'exception de la zone comprise entre 2 m (7,7 %) et 3 m (1,2 %), pour laquelle l'existence d'un ancien sol peut être proposée**. On ne peut être plus précis à partir d'une calcimétrie tous les mètres de profondeur.

Le sondage de St-Jean d'Angle montre aussi une décarbonatation des horizons superficiels, sur 2 mètres (infra, *figure 212),* au-dessus d'une partie moyenne, de 2 m à 5,5 m carbonatée, 8 à 10 %, et d'une partie inférieure, de 5,5 m à 7,5 m où les teneurs en carbonates décroissent de 8 à 3 %.

L'existence d'un bri supérieur décarbonaté particulièrement épais peut être liée à une plus faible teneur du bri récemment déposé ; cette sédimentation était terminée au XIIème siècle (datation 14 C GIF 2128 : 850 ± 90 BP pour des coquillages situés à 2 m NGF), ici comme dans le Marais de Rochefort. Cette décarbonatation particulièrement importante est-elle l'effet du bas niveau romain, et / ou d'une plus grande humidité du climat au début de l'ère chrétienne ? Les recherches de climatologie historique ne sont pas suffisamment avancées pour qu'on puisse évaluer avec certitude la part qui revient à la pluviométrie dans cette décarbonatation ; de toutes façons, le sondage ayant été implanté sous un bossis, établi au XIIIème siècle (GIF 2829 : 610 ± 90 BP) la décarbonatation n'a pu en deux siècles, enlever 7 à 8 % de calcaire sur 2 mètres d'épaisseur : on peut donc supposer le dépôt d'un bri moins carbonaté au cours du précédent millénaire.

Par contre le bri «moyen», entre 2 m et 5,5 m de profondeur présente un taux de carbonates assez répandu dans les Marais Charentais (8 %). Jusque vers 3,60 m le bri est moins riche (7 à 8 %) qu'au-dessous (10 à 11 % environ) : une variation du climat , plus sec à la partie inférieure, plus humide à la partie supérieure est possible***

A la base, le sondage de St-Jean d'Angle est assez pauvre en calcaire, de 8 à 3 %, sans qu'on puisse faire la distinction entre ce qui provient d'un sédiment moins riche en carbonates et d'une décarbonatation liée à un climat plus humide au cours d'une phase de baissée du niveau de la mer. L'étude détaillée des faciès du bri et de la palynologie permettra de préciser ces hypothèses.

* Alors que les salines de Voutron commençaient à décliner.

** Éventuellement et sous réserves, une sédimentation lors des hauts niveaux de Brétignolles (vers 5000 BP) ou de Camiers (vers 3350 BP) la décarbonatation ayant eu lieu lors des bas niveaux d'Argenton de Belle Isle, au cours des quatrième et troisième millénaires BP, par référence à la nomenclature de M. TERS (1973), pourraient expliquer cette faible teneur.

*** Sur la Figure 212, ces variations correspondent au passage du Subboréal sec au Subatlantique plus humide.

Le faible nombre des calcimétries (une centaine) ne permet pas d'être très affirmatif quant aux phénomènes entrevus sur le bri des Marais Charentais ; on retiendra les propositions suivantes classées dans un ordre décroissant de probabilité.

- les horizons supérieurs, pédologiques actuellement, sont décarbonatés (teneurs comprises entre 0,1 et 1,5 %), mais relativement peu épais, 10 à 40 cm.

- le «bri ancien» n'est pas moins riche en calcaire que le «bri récent»

- le bri du marais de Rochefort, marais plats anciens et marais plats enserrés dans les marais salants, semble plus riche en carbonates que le bri des marais plats du marais de Brouage

- à 1 m de profondeur, la répartition des calcimétries peut s'expliquer au moins en partie, par la présence de paléo-chenaux

- le bri du précédent millénaire semble moins riche en carbonates que le bri déposé récemment ; l'origine de cette différenciation ne peut être rapportée à un temps de décarbonation plus long ; elle aurait donc une origine sédimentaire.

- dans cette hypothèse, la teneur en carbonates pourrait constituer un indice pour retracer l'évolution d'un dépôt sédimentaire . Cette hypothèse doit être contrôlée par des analyses plus fines (sédimentométrie, palynologie), qui feront l'objet des chapitres suivants.

4 - ORIGINE GÉO-PÉDOLOGIQUE DES TEINTES DU BRI CHARENTAIS *

L'opposition entre un bri récent et un bri ancien est un phénomène général des marais du Centre Ouest de la France. L'origine de cette différenciation nette sur le terrain, recherchée dans des phases de sédimentation et/ou des phénomènes pédologiques, n'a pas encore trouvé d'explication satisfaisante en laboratoire (D. GARNIER, 1975).

Les observations faites dans les Marais Charentais permettent d'ajouter quelques éléments au débat sur l'origine géologique ou l'origine pédologique de cette opposition. Il semble que cette différenciation soit due à la fois à l'ancienneté du dépôt, et aux phénomènes postérieurs à la sédimentation.

En faveur de l'origine géologique, on y observera que le bri ancien est situé dans les régions les plus éloignées de la mer et des chenaux, et que le cordon de galets de Terrier Mouné (La Platière à Voutron) daté par un site à sel se situe dans un environnement de bri ancien : on pourrait donc faire remonter ce bri ancien à la fin du 3ème millénaire avant l'actuel, et associer son dépôt à un haut niveau marin **. Mais il faut remarquer que le bri piégé dans les cordons littoraux est de couleur brune, dans des cordons récents (Yves - Le Dauphin 1230 ± 100 BP, St Nazaire - Lupin 1390 ± 90 BP), et de tonalités plus sombres sans être toujours franchement gris-vert dans le cordon de Soumard (2650 ± 100 BP) : une meilleure oxygénation du bri avec transformation des sulfures en sulfates sous l'influence de bactéries aérobies, (J.H. DURAND, 1974, p. 9), une oxydation du fer contenu dans le bri pourraient rendre compte de ce phénomène.

Les phénomènes d'oxydation liées ou non aux modalités de la mise en valeur, soulignés par M. DUPUIS et *alii*. (1968), D. GARNIER (1975) R. NIJS (1978) rendent compte aussi de l'opposition entre bri ancien et bri récent. A partir d'un sédiment originel riche en sulfures, J.H. DURAND, (1973 et 1974) a montré la suite des phénomènes qui accompagnent le développement des sols des «bassins paraliques» et accorde un rôle important au soufre. Pour R. NIJS (1968) ainsi que J. MOUNES (1974), l'évolution du fer est le phénomène essentiel ; D. GARNIER (1975, p. 61) n'observant pas de différences sensibles de teneurs en fer entre le bri ancien et le bri récent, estime que «si l'opposition de couleur entre les deux bri provient bien du fer, il s'agit plus de la somme de petites variations que de la simple différenciation d'un seul et même facteur».

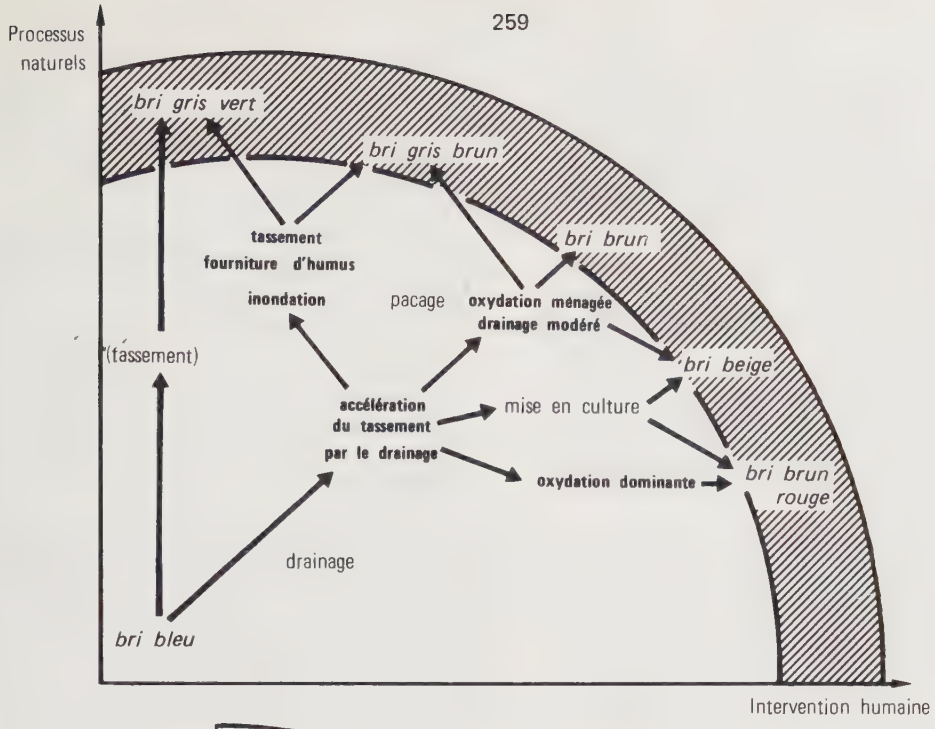
Les observations faites dans les Marais Charentais recoupent assez bien ces différents travaux. Au-dessus d'un bri à l'état réduit en milieu anaérobie (bri bleu des sondages), les deux couleurs principales du bri peuvent s'expliquer de la façon suivante :

- **le bri gris vert, ancien,** a été le premier déposé, dans les anfractuosités ou près des bordures ; il a pu recevoir des eaux chargées en matières organiques *** lors des pleines mers ayant couvert le schorre, ou d'inondations pelliculaires d'origine pluviale ; l'importante fourniture de matières organiques par la biomasse développée dans ce type de milieu en est à l'origine (G. LAUFF, 1967 ; J.M. TEAL, 1967 ; E. P. ODUM, 1971 ; F. VIGNON, 1973, E.P. ODUM, 1976). Lors des périodes de climat plus sec - et à fortiori lors d'une diminution de la fréquence des submersions liée à une baisse du niveau marin - le craquèlement de la surface a favorisé l'incorporation sur plusieurs décimètres de matière organique, mélangée au bri «brut» : on verrait là l'origine possible des complexes fer - matière organique que D. GARNIER (1975, p. 55) observe surtout dans ce bri. La conservation de ces complexes serait due à l'hydromorphie, créée par un mauvais drainage, provenant du recul de la mer devant ses atterrissements, accompagné éventuellement à une remontée suivie d'une stabilisation du niveau de la mer. Lors de l'endiguement depuis le XVIIème siècle, le drainage a entraîné une ré-oxydation des sols, un abaissement du toit de la nappe phréatique permanente. Du bri «bleu» a été réincorporé à la zone de battement de cette nappe, caractérisée par les alternances d'oxydation et la réduction du fer, du soufre, de la matière organique, etc... Un faciès plus gris-brun du bri a pu se développer au-dessus du toit de cette nappe, favorisé, çà et là, par les labours ; ce phénomène n'eut qu'une ampleur réduite, car des zones engorgées («besses») subsistaient dans le marais endigué et les régions de «bri ancien» ne furent que très récemment aménagées *(figure 80)*.

* Les considérations ci-dessous doivent beaucoup à des échanges de vues avec J. DUPUIS et R. NIJS. Qu'ils veuillent bien trouver ici l'expression de nos remerciements.

** Pendant les bas niveaux qui ont suivi, la pédogenèse aurait commencé à transformer le bri qui venait de se déposer : ainsi, comme le suggère D. GARNIER (1975, p. 63) l'évolution des sols sur bri ancien aurait-elle pris une avance, toute relative, sur l'évolution des sols sur bri récent ?

*** En particulier en acides fulviques et acides humiques mobiles qui apparaissent dès la partie haute des schorres (D. RIGOMIER, J. DUPUIS, P. JAMBU, 1971, p. 110).



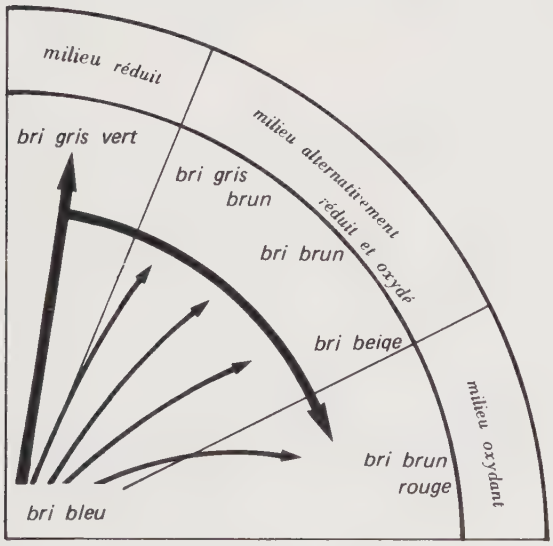


Figure 176 :
Modèle explicatif des teintes du bri en surface et en profondeur

Les processus naturels seuls conduiraient à un bri gris-vert.
L'intervention humaine (drainage) dévie cette évolution vers le bri brun rouge mieux drainé.
Les teintes actuelles du bri dépendent de l'intensité de l'intervention humaine et de la teinte du bri au début de cette intervention.

Les régions de bri ancien gris vert à noirâtre du Marais de Rochefort ne furent drainées qu'au cours du XIXème siècle. Aujourd'hui, elles sont en partie coupées de haies d'ormes, de frênes et de saules qui signalent - et assurent - un micro-climat plus humide que dans les espaces dénudés et ventés du bri gris-brun. Il est possible que ce micro-climat intervienne pour expliquer les teintes sombres du bri : les opérations de génie rural en cours dans les Marais de l'Ouest permettront d'observer si le «déboisement» et un meilleur drainage «brunifient» le bri gris-vert compact.

- **Le bri, brun à beige, déposé plus récemment,** a subi une évolution du même type, mais avec trois différences principales : une pédogenèse plus brève, une plus grande ancienneté d'endigage et, peut-être, une fourniture de matière organique moins importante. Mis en place à partir d'un réseau progressivement hiérarchisé de chenaux de marée, pendant une période de stabilité relative du niveau marin, il a connu une oxydation ménagée, comparable à celle que l'on observe actuellement sur les schorres de la baie de l'Aiguillon (D. RIGOMIER, J. DUPUIS, P. JAMBU, 1971) où les sédiments de schorre restent à l'état oxydé même en période d'hydromorphie, ce qui limite la fermentation anaérobie de la matière organique (p. 107). A partir de l'endiguement, les marais plats du marais de Muron, ont connu les phénomènes d'oxydation par oxygénation saisonnière du profil, accentués à la partie superficielle par

les labours. L'abandon des façons culturales lors de la généralisation des herbages, lié au dépeuplement *(figure 81)* a entraîné le développement d'un mat racinaire, une fourniture abondante d'humus qui donne au bri beige des reflets gris et rend sa distinction avec le bri ancien parfois hasardeuse. C'est peut-être là l'origine du «bri intermédiaire» reconnu dans le marais de Rochefort.

Ainsi le profil type associe-t-il un mat racinaire, un horizon de bri brun peu épais (ancienne zone oxygénée par les labours ?) qui se fond en un horizon compact de bri gris brun reposant sur un bri brun à beige, non «contaminé» par la matière organique. Ces trois horizons sont inclus dans la zone de battement de la nappe phréatique ; dans les secteurs de drainage déficient, ils se trouvent plus ou moins différenciés et plus ou moins affectés par l'hydromorphie.

Par contre, les régions exploitées en marais salants ont connu une hydromorphie permanente dont témoignent les tonalités plus grises (fer réduit) du bri sous les bassins ; dans les bossis, mieux drainés, on rencontre du bri «oxydé», brun, identique au bri des prises récentes et des cordons littoraux.

Il apparaît donc que bri ancien et bri récent sont des faciès géopédologiques développés à la surface d'un bri profond, plastique, dont la couleur bleutée est due à sa situation permanente dans un milieu réducteur et anaérobie, et dont les caractéristiques géologiques constantes et monotones (d'après la littérature) feront l'objet du prochain chapitre.

Par sa répartition géographique, le bri «ancien» a dû être plus longuement soumis aux phénomènes pédologiques classiques mais aussi à l'hydromorphie que le bri récent, de teinte plus brune.

Malgré bien des traits communs, c'est l'ancienneté du dépôt, la succession de phases d'hydromorphie et de dessiccation dues en majorité à l'action humaine plus que la composition chimique dans laquelle le fer, la matière organique et le soufre joueraient les rôles principaux qui semblent pouvoir expliquer l'opposition bri ancien / bri récent. La figure 176, essaie de montrer que les teintes observées dans le bri semblent provenir d'un même matériau soumis à des processus naturels largement affectés par des actions anthropiques. La figure 176 A montre les phénomènes d'origine naturelle et anthropique qui interviennent pour expliquer la coloration du bri. La figure 176 B montre l'influence du milieu réducteur ou oxydant sur ces teintes. Les teintes actuelles du bri proviennent donc à la fois de la teinte acquise par le bri lors de l'endiguement et des modalités de l'intervention humaine.

Cette étude descriptive de sols des Marais Charentais à l'échelle de 1/100 000 a permis de mettre en évidence les phénomènes suivants :

- les sols sont développés sur deux faciès de bri, reconnaissables à leur couleur, provenant de l'altération pédologique plus ou moins ancienne d'un bri gris-bleu sous-jacent (figure 176).

- la disposition relative de ces deux faciès renseigne sur les conditions du comblement des marais, qui s'est effectué en fonction des chenaux de marée et non de la seule distance à la mer.

- les sols sur bri sont des sols lourds, généralement mal drainés (classes de drainage d, e, f), malgré le réseau de fossés mis en place entre le XVII et XIXème siècle ; les sols de bossis, mieux drainés, sont très discontinus.

- les sols développés dans les marais gâts sont fort variés ; leur variété fait leur richesse, mais aussi crée des limites sévères à une mise en culture : une étude pédologique très détaillée serait nécessaire *.

(1) Ces hypothèses devraient évidemment être testées par des analyses de laboratoire (qu'il ne nous a pas été possible d'obtenir).

II - LE BRI, IMPORTANCE DU REMBLAIEMENT

L'étude du bri en tant que sédiment quaternaire n'a pas fait l'objet de nombreuses recherches, en raison sans doute de sa monotonie ; les grands travaux du port de Rochefort par exemple, n'ont guère donné lieu à des analyses scientifiques ; si la description des coupes en est parfois conservée (POLONY, 1885 ; M. CRAHAY de FRANCHIMONT, 1895 ; M. COMBARNOUS et M. LUTTON, 1910),. nous n'en avons pas retrouvé les échantillons. Assez souvent d'ailleurs, on s'est contenté de battre des pieux jusqu'au refus pour asseoir les ouvrages ou d'assurer la stabilité des édifices par l'établissement de radiers de chênes ou de fascinages.

En fonction des sondages récemment effectués, on s'efforcera donc d'estimer le volume du bri qui a colmaté les dépressions littorales devenues aujourd'hui marais.

1 - LE VOLUME DE REMBLAIEMENT

Il ne peut être exprimé que de façon approchée, eu égard au faible nombre des sondages réalisés. Néanmoins, les sondages de la vallée de la Charente, des marais de Rochefort et aussi de la Villeneuve des Salines à La Rochelle permettent de se faire une idée moins imprécise de son importance.

En effet, peu de sondages ayant été réalisés jusqu'à une époque récente : POLONY (1885) signale des graviers sur le fond de la vallée de la Charente, les sondages de DELBALAT, MANEN, VIDALIN (1852-1859) ont rencontré le sable entre - 17,9 m et - 25,1 m Bourdaloue près du Fort la Pointe à Fouras ; BOISSELIER (1891, p. 43) indique des épaisseurs de l'ordre de 17 à 18 mètres dans le marais d'Yves comme à Rochefort, et 30 mètres près de Fort la Pointe. Les sondages sont plus fréquents dans la région de Rochefort en raison des travaux d'aménagement portuaire.

La profondeur du plancher rocheux dans les marais est extrêmement variable : de 30 à 18 mètres près de Fort la Pointe, mais aussi de - 6 m à - 18 m NGF sous les deux feux de Soumard, à quelques centaines de mètres de là. Près de Brouage, par exemple, les sondages effectués en 1942 ont rencontré une couche de sable gris, peut-être cénomanien, vers - 15 à - 17 mètres, soit vers - 13 à - 15 m NGF ; en 1975, les sondages pour le nouveau pont, installés à quelques mètres des précédents, ont rencontré le fond vers 28 mètres de profondeur, soit - 26 m NGF ; un document (conservé aux Archives Départementales de La Rochelle, série S) situe la base du bri à 4,22 m au-dessous des basses mers d'équinoxe sous ce même pont, soit vers - 8 m NGF ; H. ENJALBERT (1960, p. 162) quant à lui, observe que «les argiles purbeckiennes apparaissent à faible profondeur sous le bri dans les travaux d'art effectués autour de Brouage». Les travaux du port de Rochefort ont montré des faits du même ordre, puisque l'épaisseur du bri varie de 14 à 29 mètres sur environ 500 mètres : il est vrai qu'il s'agit de la vallée de la Charente.

Seule une étude régionale, marais par marais peut donc permettre d'évaluer le volume du bri.

a) L'épaisseur du bri dans le marais de Brouage (figure 177).

Le bassin versant du marais de Brouage montre que la course de Blenac est la rivière principale qui se jette dans ce marais, le chenal du Havre de Brouage constituant son exutoire naturel. Entre Moëze et St-Nazaire, un second bassin versant dans les marnes portlandiennes peut alimenter le chenal de Monportail. Enfin, entre Hiers et Marennes, le chenal de l'Epine se montre indépendant du chenal de Brouage. La plupart des sondages dont on dispose concernent ce dernier bassin.

Les sondages profonds dans le marais de Brouage sont assez peu fréquents, et associés à la construction de ponts. Il n'a pas été possible de retrouver trace de sondages ayant précédé la construction du canal de la Seudre à la Charente, la voie ferrée de Cabariot au Chapus et le pont de Bellevue, en plein centre du marais ; par contre, les sondages nombreux près de Brouage montrent l'existence de fortes profondeurs au nord de cette ville. Le *tableau 40* résume ces données.

Ces sondages suggèrent une pente assez forte du fond dans la partie orientale (10 m en 5 km), plus modeste ensuite (15 m en 10 km) mais en l'absence de profils continus, on ne peut être sûr que chaque sondage corresponde au point le plus bas de la «combe» occupé par le marais de Brouage. Dans la région nord de Brouage cependant, la pente forte (- 12 à - 28 m) qui sépare le fond des sondages de 1942 et 1975, implantés à moins de 50 m les uns des autres, suppose une descente brutale du substrat, due à une vallée très encaissée ou à une faille, à moins que le «sable gris» dans lequel les sondages de 1942 ont été arrêtés corresponde à une accumulation quaternaire que le sondage BRGM 682-1-2 (J.P. PLATEL, P. MOREAU, 1976,

Commune	St-Sornin	St-Just	Hiers - Brouage
Lieudit	Pt des Brandes	Pt Bergère	Brouage N
Km	0,5	5,7	15,3
Profondeur	2,5	11 à 14	15 - 16,7 - 26 - 30,5
Cote substrat	0,7 NGF	- 9 à - 11	12,5 à 14,5 - 23 - 28
Référence	Regrain	P.C. Marennes	P.C. Marennes

Tableau 40 :

Epaisseur du bri entre St Sornin et Brouage

p. 27) aurait à nouveau rencontré, et non aux horizons sableux du Crétacé inférieur : l'absence d'échantillons ne permet pas de trancher.

Un sondage effectué à la ferme de la Demi-Lieue, à Moëze, soit à 2 km au nord, a atteint le fond à 20 m (C. GABET, 1969, p. 182), ce qui peut indiquer la présence d'une dépression profonde et assez large dans la partie occidentale du marais de Brouage ; on retrouve une disposition semblable dans le bassin de Marennes-Oléron, à l'ouest de Brouage (M. TESSON, 1973). Par contre le sondage du Pont de la Roberte, qui a atteint à - 8, 70 m (soit environ -6,5 m NGF) une couche sableuse compacte (refus à la tarière) témoigne d'une dépression très peu profonde, à peu près à 2 km du Havre de Brouage (Bellevue) et de la bordure du marais vers St - Agnant. Localement, des «hauts fonds» apparaissent près du Havre : marnes et lumachelles du

Figure 177 .

Carte des sondages profonds dans le Marais de Brouage et la Seudre

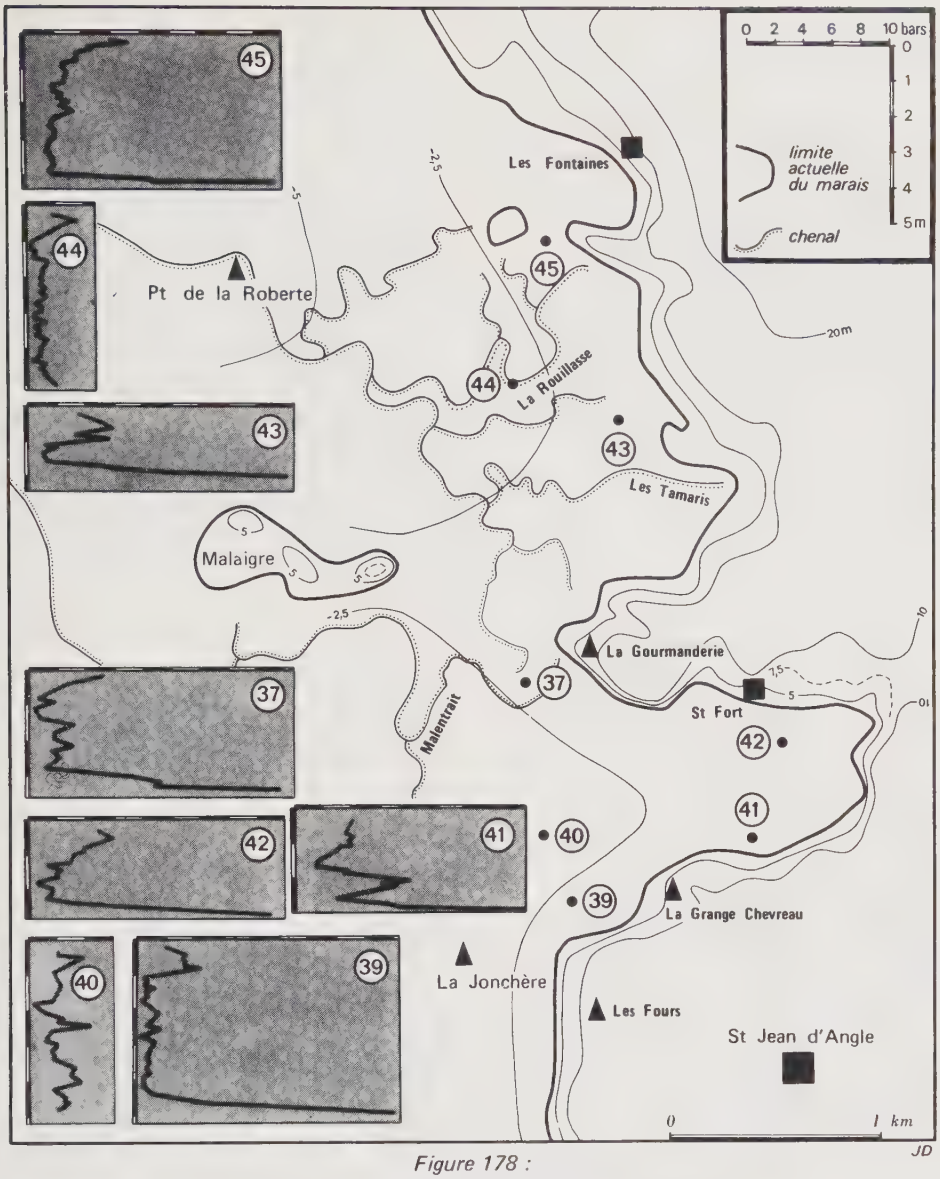


Figure 178 :

Profondeur du plancher rocheux à l'Est de Malaigre

Portlandien près du pont des Grenelles (Moëze) à 2 m de profondeur, argile grise très compacte (Crétacé inférieur ?) à 80 cm de profondeur à la Tanne Ronde.

Plus au Nord du marais de Brouage, les sondages sont très rares ; près de la Pointe du Ras à Beaugeay comme au sud de l'Ile Bordeaux, lors des travaux de curage de fossés, d'installations de «tonnes» (abris de chasse) ou de creusement de fossés pour le drainage, les engins remontent parfois des blocs de calcaire ou de marnes, en bordure du marais. La fréquence des îles : Bordeaux, les Echinées, le Busson, suggère que le bri n'est pas très épais.

En l'absence d'autre documentation, on présentera donc comme probable la présence, dans le Nord du marais de Brouage, d'une plaine peu profonde (associée aux calcaires marneux du Portlandien du flanc Nord du bombement anticlinal ?), vers - 6 à - 10 m NGF, interrompue vers le Sud par une vallée dont le Havre de Brouage donne actuellement la position approximative.

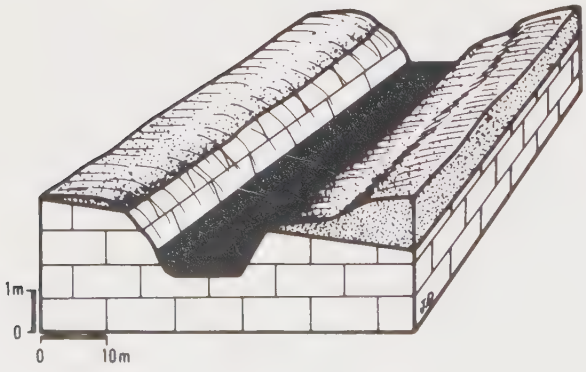
A plus grande échelle, une série de sondages de reconnaissance effectués à l'Est du marais, entre St-Jean d'Angle et Malaigre, permet de se faire une idée plus précise - mais très locale - de l'allure du substrat, que résume la *figure 178* (entre Malaigre et Saint-Fort, les argiles rouges du Crétacé inférieur apparaissent au fond des fossés, mélangées à de rares blocs résiduels de calcaires portlandiens). On y observera deux traits principaux de la géomorphologie de la partie «immergée». D'une part existe une plate-forme de quelques centaines de mètres de large, relativement peu profonde, au modelé différent du modelé émergé qui évoque une sorte de plate-forme d'abrasion située vers - 3 à - 5 m de profondeur, soit vers 0 à - 2 m NGF : la nature marneuse du substrat explique sans doute le grand développement de cette plate-forme. D'autre part, apparaissent des régions plus profondes, liées soit à des anciens talwegs, soit à des escarpements d'origine tectonique, près de St-Agnant comme à l'Ouest des Fontaines.

Dans les sondages profonds, la couche d'argiles rouges qui constitue indubitablement la roche en place (faciès du Crétacé inférieur) est souvent surmontée d'une couche de sables fins gris. De tels sables, prélevés à la base de notre sondage de la Jonchère, à St-Jean d'Angle, ont montré (morphoscopie de la fraction 315 à 500 microns) une très forte proportion d'émoussés - luisants et de non-usés ; l'analyse exoscopique (L. LE RIBAULT,

1975, 1977), gracieusement réalisée par L. LE RIBAULT que nous remercions, a mis en évidence 64 % de grains fluviatiles, 34 % de grains marins et 2 % de grains éolisés sur une dune littorale. L'origine continentale et la situation du dépôt, à proximité immédiate d'une région côtière étant ainsi attestée, l'exoscopie montre que les grains ont subi une silicification de type deltaïque (F. BALTZER et L. LE RIBAULT, 1971) avec une légère dissolution chimique sur les arêtes, réalisée dans un milieu sous-saturé en silice. Ces différents caractères authentifient un sédiment d'origine fluviatile (avec quelques apports marins), soumis à des battements du plan d'eau (nappe phréatique ou alternance émersions-submersions de longue durée) et, finalement, envahi par l'eau. Il peut donc s'agir de sables du Crétacé inférieur (qui présente des faciès lagunaires), incorporés dans des lagunes (Crétacé et/ou Quaternaire) et finalement recouverts par le bri ; bien que les traces de chocs y soient assez rares, il est possible que le vent ait remanié une partie de ces sables pour les incorporer à une barrière littorale.

Des sables présentant les mêmes caractères morphoscopiques se rencontrent sur une série de petites buttes de sables cénomaniens au sud-ouest de Brouage, à Bourcefranc ; ces petites buttes émergent à peine du bri (Nodes, La Sinceaudière, le Bois des Landes) ou servent de support à des cordons littoraux coquilliers (prises de Nancras) que suivent les digues du XVIIème siècle. Le bri est donc peu épais sur la bordure méridionale du marais de Brouage, depuis Nodes jusqu'à l'Ouest du canal de la Seudre à la Charente, où le substrat Cénomanien apparaît au fond des fossés sur une largeur qui peut atteindre la centaine de mètres. Pourtant un sondage effectué au Pont d'Un Denier, entre Hiers et Marennes, traverse 10 m de «vase molle», 10 cm de sable et 20 cm d'argile «compacte bleu verdâtre» avant d'atteindre les argiles rouges du Crétacé inférieur ; au Nord du chenal de l'Epine, d'autres sondages ont atteint le sable compact à - 10,7 m pour l'un et - 18,70 m pour l'autre : cela suggère la présence d'une dépression, vallée ou graben en contrebas de l'actuel chenal de l'Epine.

A l'île Madame, le marais est très superficiel comme le montre la *figure 179* ; il n'a guère que 1 à 2 mètres de profondeur à proximité de la Croix des Galets.



(Croquis d'après photo)

Figure 179 :
Le plancher rocheux à l'ouest de l'Ile Madame (R.R.)

Le faible nombre des sondages disponibles dans le marais de Brouage et l'absence de profils ne permet pas de présenter complètement la topographie recouverte par le bri. Trois phénomènes peuvent cependant être considérés comme acquis :

- la présence, à faible profondeur et à la périphérie du marais, d'une plate-forme large de 2 à 300 mètres et profonde de moins de 5 mètres, vers St-Fort comme au nord près de Beaugeay.

- l'existence de vallées, entaillant cette plate-forme, profondes surtout dans la partie occidentale, de part et d'autre de l'île d'Hiers.

- la faible épaisseur du bri, qui pourrait être estimée en moyenne à une dizaine de mètres en dehors des anciennes vallées. La variété topographique du plancher rocheux entre Bourcefranc, Brouage et St-Agnant rendrait donc assez illusoire ou prématurée toute estimation du volume du bri déposé ; les vallées de la Seudre et de la Charente sont un peu moins défavorisées.

b) Le remblaiement de la vallée de la Seudre

Dans la vallée de la Seudre, la transgression a comblé un paysage de dépressions et de coteaux alternés, comme permettent de le supposer les faciès des roches émergées et la disposition des affleurements dans les îles. Les sondages effectués pour la construction des ponts de l'Eguille en amont, et de Marennes en aval, permettent de reconstituer l'allure du plancher rocheux.

- La Seudre à l'Eguille :

Les dossiers de sondages, consultés à la Subdivision de l'Equipement de Saujon, montrent à 50 m au nord de la Seudre, un «îlot calcaire» rencontré sous 1 à 2 m de vase prolongeant l'île de Souhe formée de calcaires coniaciens et présentant le faciès de calcaires blancs jaunâtres avec passées de calcaires argileux. C'est aux dépens de ces calcaires argileux que se sont développées les dépressions où coulent la Seudre et, au nord, les chenaux de Chalons et de Dercie. Une coupe à travers la Seudre *(figure 180)* montre que cette dernière ne se superpose pas au talweg rocheux décelé par sondage. L'allure du plancher rocheux suggère que l'on est en présence de deux petits talus aclinaux de type cuesta, en partie fossilisés par le bri. La profondeur maximale est de l'ordre de 6 mètres.

- La Seudre à Marennes

L'ensemble des sondages a déjà été publié et commenté par J. CHARDONNET (1972), M. TESSON (1973) et P. BOURGUEIL et P. MOREAU (sous presse, notice de la carte géologique de Marennes). La *figure 181* montre le profil du substrat et les principaux faciès traversés, d'après les sondages conservés aux Archives de l'Equipement à La Rochelle. On y observe que la profondeur maximale est de l'ordre de la vingtaine de mètres, et que sous le marais de rive droite, un «haut-fond» apparaît, vers - 11 m, séparant deux dépressions dont l'une est actuellement occupée par la Seudre ; ce haut-fond est peut-être associé à un faciès calcaire plus résistant (P. BOURGUEIL, P. MOREAU) ou à une faille : rien ne permet de choisir entre ces deux hypothèses.

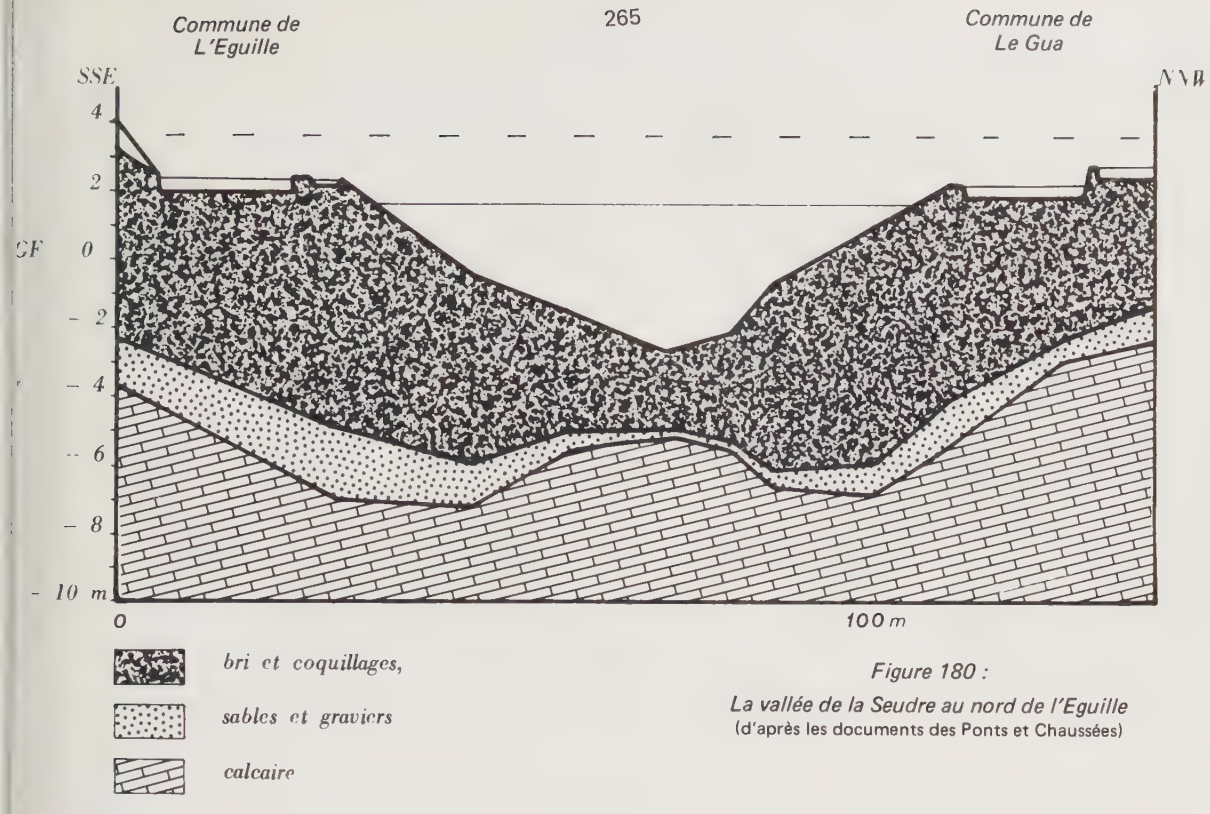


Figure 180 :
La vallée de la Seudre au nord de l'Eguille
(d'après les documents des Ponts et Chaussées)

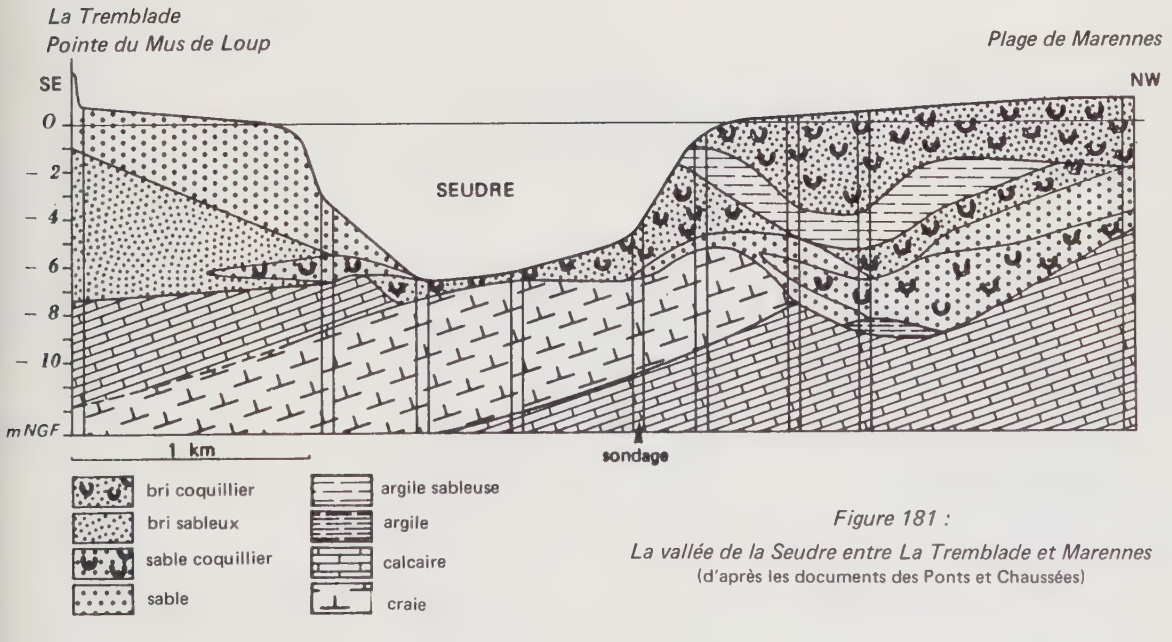


Figure 181 :
La vallée de la Seudre entre La Tremblade et Marennes
(d'après les documents des Ponts et Chaussées)

Le plancher rocheux, sous la Seudre, est donc relativement peu profond, 3 à 6 m vers l'Eguille, 10 à 20 m vers La Tremblade avec une pente du lit de l'ordre de 1 ‰ : des sondages référencés au BRGM indiquent 13 m au chenal de Coux, plus de 12 m à Ronce, 16 à la plage de Marennes, mais 8 m seulement au Nord de St Trojan ; le bri aurait une douzaine de mètres d'épaisseur à Chatressac. Dans ces hypothèses, le volume du bri accumulé dans le marais de la Seudre pourrait être de l'ordre de 8 à 900 millions de mètres cubes.

c) La vallée de la Charente (figure 182)

La vallée de la Charente est située à proximité de l'axe de la gouttière synclinale charentaise et localement guidée par des failles comme celle de Lorange en aval de Rochefort (BOISSELIER, 1891) ; elle a fait l'objet de nombreux sondages pour l'établissement du barrage de St-Savinien, des ponts de Cabariot, St-Hippolyte, Tonnay-Charente, du Martrou, ainsi que pour un projet de tunnel au Martrou ; le BRGM de son côté a réalisé en 1970 un profil sismique au droit du Fort Lupin (P.

BOURGUEIL, P. MOREAU, 1972) ; le Service Hydrographique avait levé en 1852 et 1859 (DELBALAT) le profil rocheux sous la vallée de la Charente (C. PASSERAT, 1911).

La coupe type montre un fond rocheux de profondeur variable généralement dissymétrique, situé à - 16 m à Cabariot - 25 m à Tonnay Charente, - 27 m au Martrou, près de - 30 m devant le Fort-la-Pointe. Des cailloutis assez riches en sables reposant à proximité du fond et des bordures sont parfois interprétés comme des cordons littoraux (C. GABET, 1968) : on en trouve vers - 5 m NGF à l'Est de Martrou, mais ils tapissent de façon continue le versant de la Renaissance (rive Sud) entre - 2,5 m et - 26 m ; plutôt que de véritables cordons littoraux, il s'agit vraisemblablement d'éléments de terrasses et de dépôts de pente remaniés par la transgression comme sous le Marais Poitevin (J. DUCLOUX, R. NIJS, 1972, p. 243). Le lit actuel du fleuve n'est pas situé au-dessus du talweg du plancher rocheux à Tonnay Charente, Martrou, Lupin : il se trouve décalé près du talus concave de chaque méandre ; dans l'ancien méandre de St-Laurent, la situation est inversée. Cette circonstance fut mise à profit lors de l'établissement du viaduc de Cabariot, sur la ligne de Tonnay-Charente à Marennes, le rocher étant, sous le fleuve, entre 1,18 et 3,38 m en dessous du zéro Bourdaloue, soit à des cotes NGF voisines de - 1,8 à - 4 m selon le profil établi par M. POLONY (Archives Départementales La Rochelle, S-1635).

A la cote + 2,50 m, cote moyenne des marais voisins, la section des dépôts vaseux connus est de l'ordre de :

Site	Section	Nombre de sondages	Références
St-Savinien-Bords	27 750 m2	7	Ponts & Chaussées
Martrou E	21 316 m2	4	Archives Départ.
Martrou W	30 250 m2	9	Ponts & Chaussées
Fort-la-Pointe	38 125 m2	3	DELBALAT
Ile Madame - Fort l'Aiguille	137 000 m2	?	DELBALAT

Tableau 41 :

Sections estimées de la vallée de la Charente au-dessus du lit rocheux

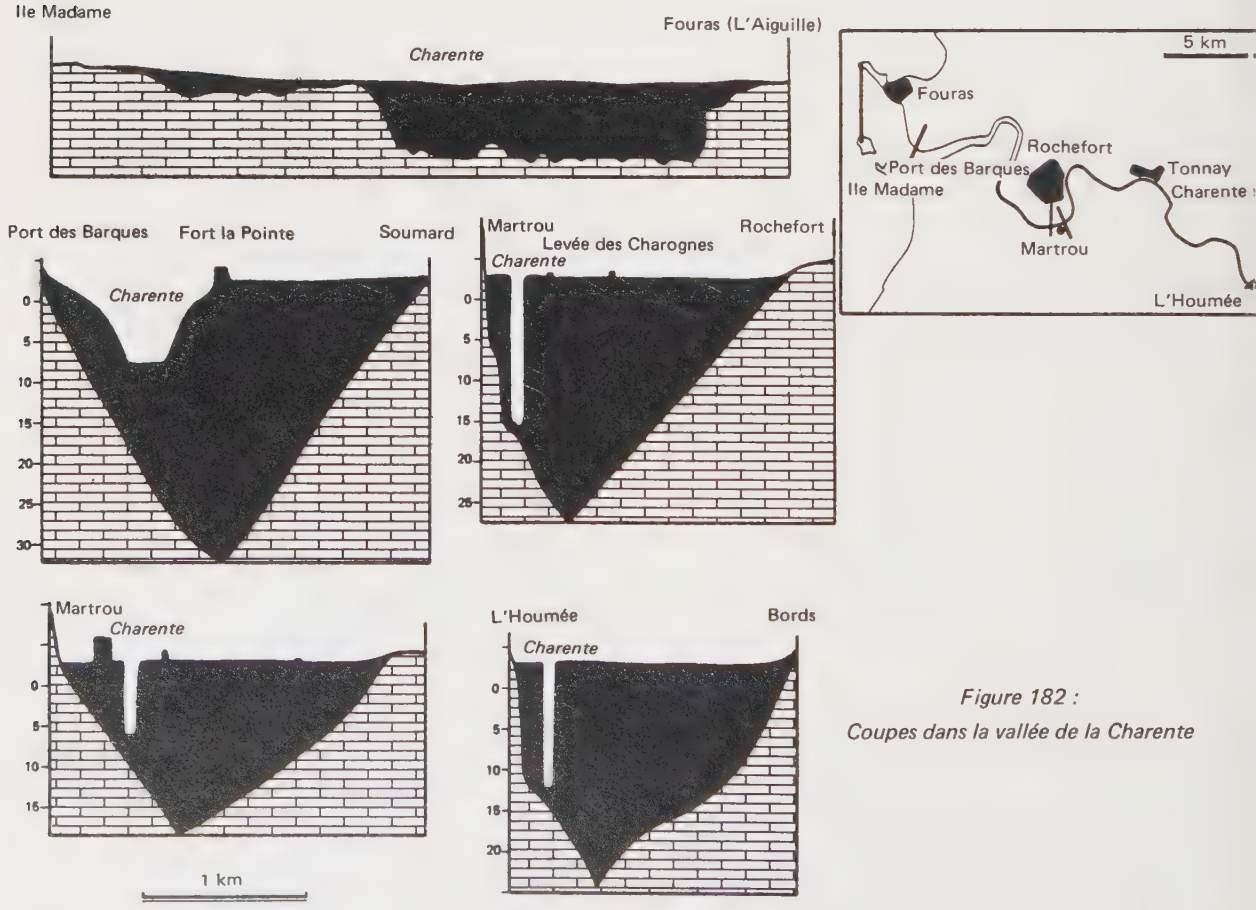
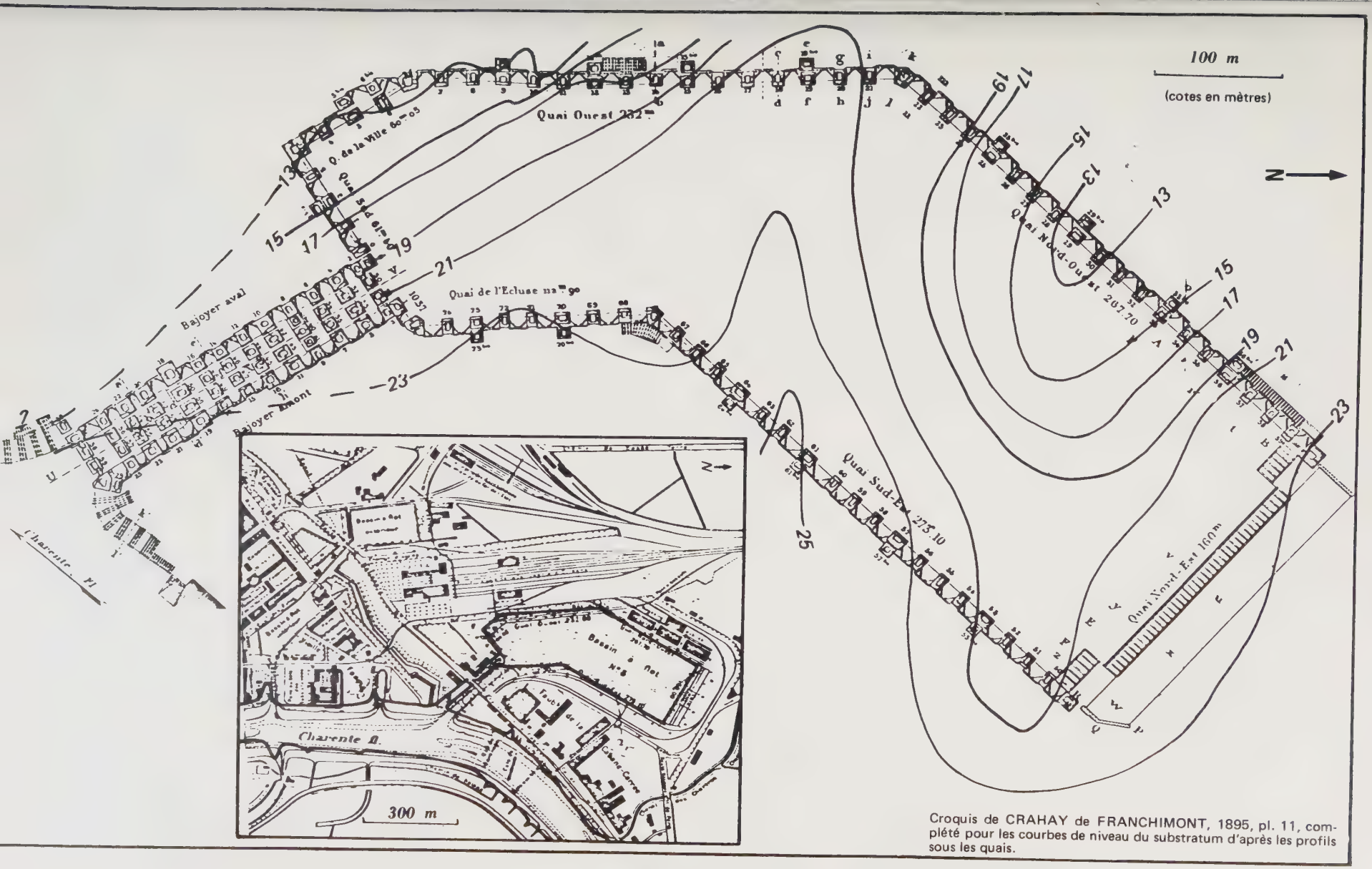


Figure 182 :

Coupes dans la vallée de la Charente



Croquis de CRAHAY de FRANCHIMONT, 1895, pl. 11, complété pour les courbes de niveau du substratum d'après les profils sous les quais.

Figure 183 :

Plancher rocheux sous le bassin no 3 à Rochefort
d'après les sondages des Ponts & Chaussées

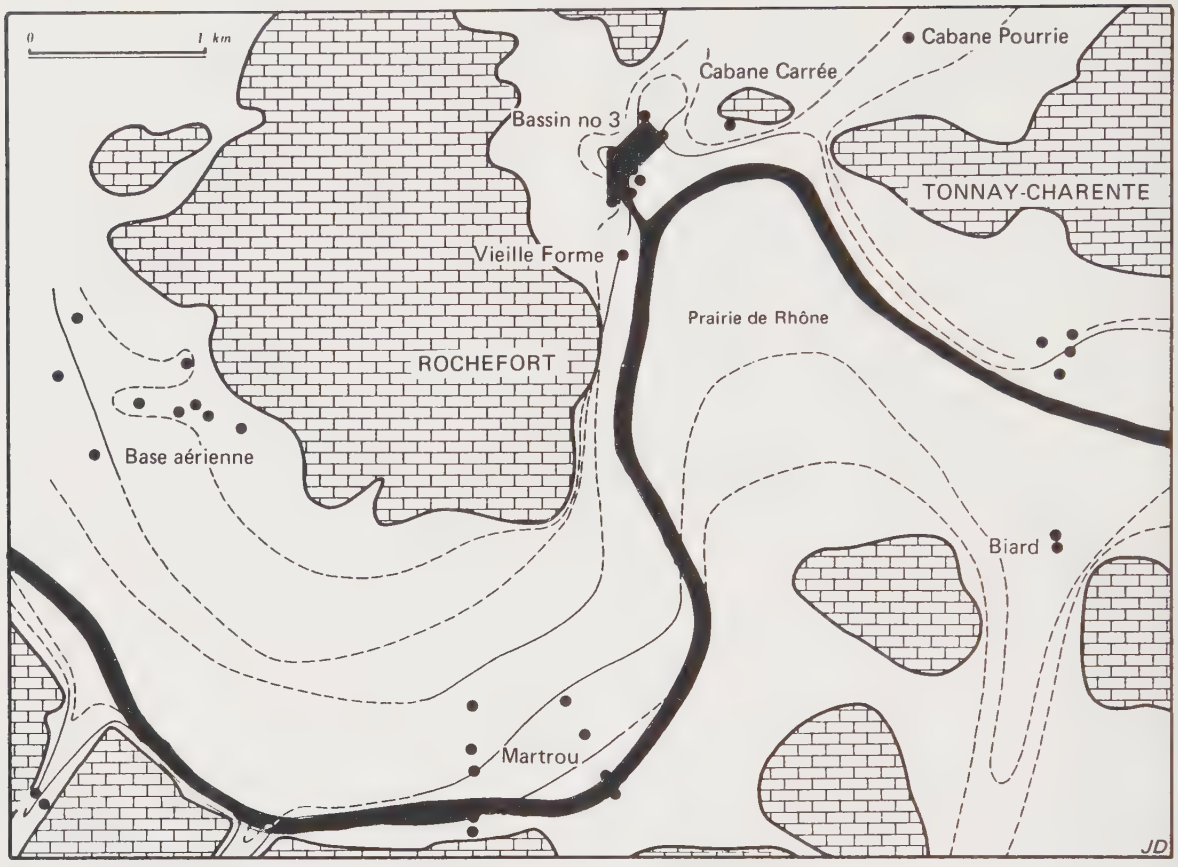


Figure 184 :

Profondeur du lit rocheux aux environs de Rochefort

L'équidistance est de 10 mètres

La section moyenne étant de 30 000 m2, le volume de sédiments déposés en aval du pont de l'Houmée serait donc de l'ordre de 1 milliard de mètres cubes pour environ 35 km de vallée, marais de St-Nazaire inclus, mais en faisant abstraction des hauts fonds reconnus dans la vallée (C. POUGET, 1880 ; E. DECANTE, 1885). La *figure 182* montre la série des coupes ainsi réalisées au travers de la vallée de la Charente.

Dans le méandre de Rochefort, il est possible de reconstituer l'allure du plancher rocheux, grâce à la série de sondages nécessités par le creusement du bassin nº 3 et diverses installations industrielles entre Rochefort et Tonnay-Charente * .

Les travaux de creusement du port de Rochefort, à la fin du siècle dernier, ont donné lieu à des observations concernant la profondeur du substrat. Sur de faibles distances, cette profondeur varie entre 14 et 29 mètres et la topographie du fond est très variée ; ainsi, le débouché de l'écluse dans la Charente est encadré par deux «musoirs» : sous le musoir aval «le solide s'est trouvé à une cote assez haute», alors que sous le musoir amont, la cote était trop basse pour que les pilots de soutien fussent battus au refus (M. CRAHAY de FRANCHIMONT, 1895, p. 493). La figure 183 établie à partir des profils des quais publiés en 1895 (id., pl. 11) permet d'observer que le modelé enfoui est aussi irrégulier que le modelé subaérien. Un replat vers - 21 m de profondeur (environ - 17 - 18 NGF) pourrait correspondre à un ancien tracé de la Charente dont l'écluse actuelle marquerait la limite méridionale ; la partie méridionale présente des pentes fortes que rien dans la topographie subaérienne ne permet de prévoir.

D'une façon générale, l'abondance des sondages autour de Rochefort permet d'esquisser un croquis de la disposition probable du plancher rocheux : on y observera qu'une rivière du marais de Muron devait rejoindre la Charente près de la Cabane Carrée, dans la boucle d'un méandre au profil en travers très dissymétrique, et que la topographie du fond est moins heurtée au sud de Rochefort *(figure 184)*.

d) Le bassin de Rochefort (figure 185)

A. BOISSELIER (1891, p. 43) écrit que les marais d'Yves sont formés par «des alluvions marines, nommées bri dont l'épaisseur atteint souvent 17 à 18 mètres», sans citer de sondage précis. Les sondages entrepris vers 1970 sur le tracé de la RN 137 n'ont jamais atteint de telles profondeurs, et les expériences de sismique réalisées par le BRGM au nord de l'Ile d'Yves ont atteint le fond avant 20 m de profondeur. Le sondage effectué près de Fort-la-Pointe a longtemps servi à définir l'épaisseur du bri, en aval de Rochefort (une trentaine de mètres) malgré la présence de seuils rocheux dans le talweg de la

* C. MASSE signale que sous la «Fosse aux mats» installée dans la prairie de Rhosne à l'Est de Rochefort, on a rencontré la «banche» (rocher) à 18 pieds de profondeur (ms 501, Bib. Mun. La Rochelle, pp. 262 sqq, in Bull. Soc. Géog Rochefort, (2), t.2, p. 171).

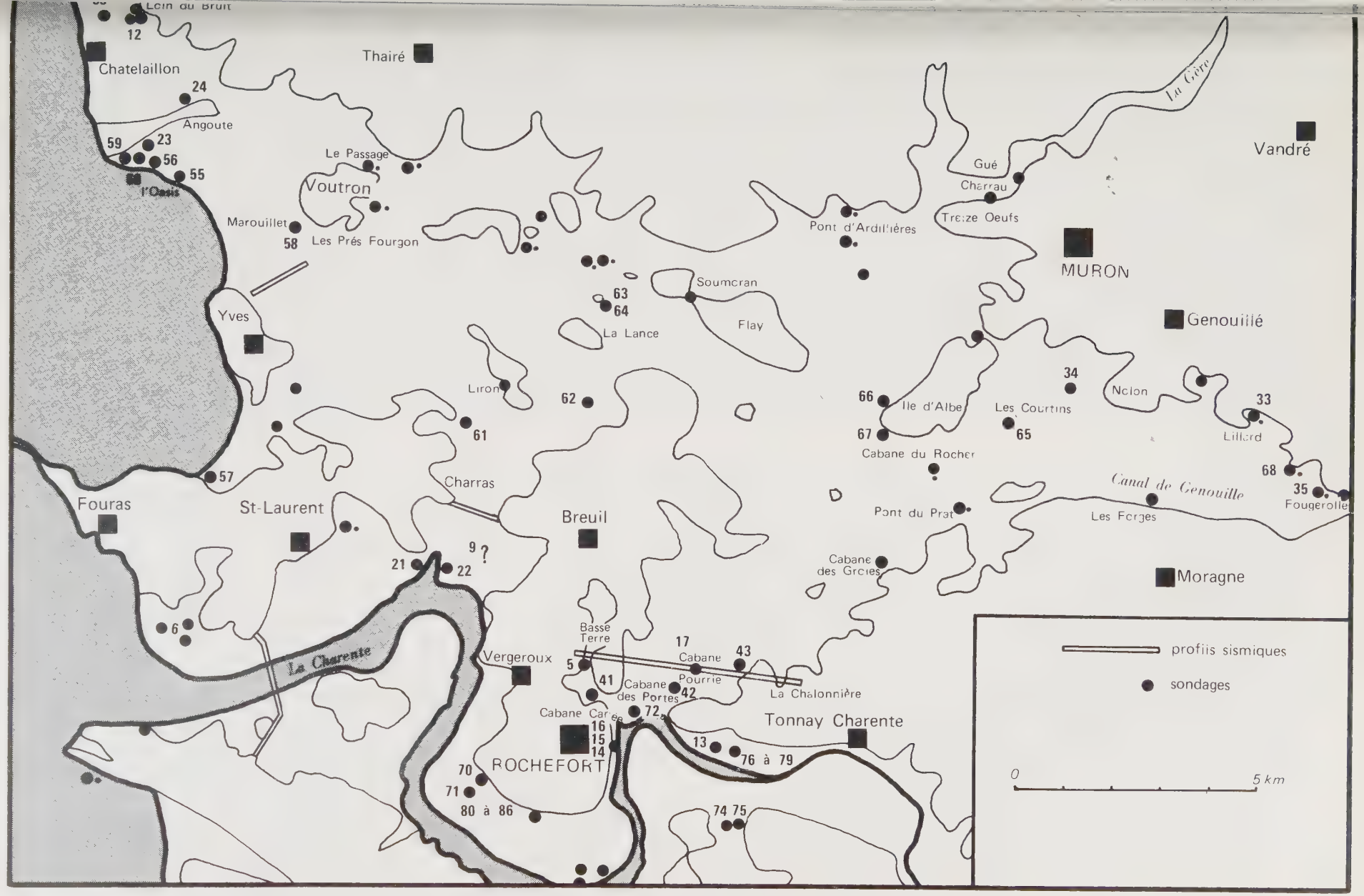


Figure 185 :

Sondages et profils sismiques dans le marais de Rochefort.

(Les cercles pointés indiquent les sondages où le fond est à moins de 2 mètres ; les numéros renvoient au tableau 42, pages 272-273)

Charente (E. DECANTE, 1885) et le creusement du «bassin nº 3» dans le port de Rochefort (M. CRAHAY de FRANCHIMONT, 1895) qui avaient mis en évidence la topographie irrégulière du relief enfoui sous le bri. Des campagnes systématiques de sondages, la prospection sismique permettraient de se faire une idée plus précise de ce fait. Les Archives Départementales, les Services Départementaux et le BRGM ont néanmoins conservé diverses descriptions de sondages utilisables dans ce but.

La topographie du substratum du bri est différente selon qu'il s'agit du marais de Muron où les îles sont absentes à l'est de la RN 11, ou du marais de Voutron où les îles sont très nombreuses. Les sondages profonds y sont très rares, sauf à l'Ouest (ouvrages de la RN 137) et sur la bordure Nord (sondages à la tarière à main) *(figure 185)*. Le BRGM a réalisé des sondages géophysiques, à la recherche d'anciens cours de la Charente. (notice de la carte de Rochefort, 1/50 000).

Dans le marais de Muron, on opposera la bordure Nord au reste du marais. Au Nord, de l'Ile d'Albe à Fougerolle, les bancs de calcaires coquilliers s'ennoient progressivement, relayés par des calcaires plus ou moins marneux. L'érosion sélective a donc été freinée d'autant que les terres émergées fournissaient de grandes quantités de colluvions, surtout à l'Est : ainsi le bri est-il peu profond, ne dépassant guère 2 - 3 m qu'à plusieurs dizaines de mètres de la bordure (2,90 m près de La Favolière). L'observation de la coupe de la conduite d'amenée des eaux de St Savinien à La Rochelle et la réalisation de sondages dans le marais à l'Est de Nolon, à Genouillé, permettent de préciser que la profondeur de cette «poche» d'une cinquantaine d'hectares ne dépasse pas 8 mètres de profondeur, la poche située au Nord de Lillard étant beaucoup plus superficielle (2 à 3 mètres au maximum). Il en est de même sur toute la bordure Nord : entre l'Ile d'Albe et Muron le bri a environ 3 m d'épaisseur (2,80 m à La Bossette) ; sous la vallée de la Gère le substrat est atteint sous 2 à 6 m de bri (Gué Charrau) et vers - 3,50 m à l'Ouest de Treize-Oeufs. Localement, d'autres poches de marais sont aussi peu profondes : 4,50 m de bri au Nord de Rochefort, sous l'ancienne voie ferrée de Rochefort à Aigrefeuille dans la vallée de Basse Terre, etc...

Dans la majeure partie du marais de Muron, le bri est sans doute beaucoup plus épais : un sondage poursuivi jusqu'à 7,40 m près de la Cabane des Groies à proximité du chemin Charles n'a pas atteint les marnes jurassiques qui affleurent à 600 m à l'Est ; elles apparaissent à 16,5 m de profondeur aux Courtins (BRGM, 658-3-501) ; à 1700 m au Nord du cours actuel de la Charente, le sondage de la Cabane Pourrie (C. GABET, 1968) a rencontré un lit de coquillages à 12 m de profondeur ; le substrat a été atteint à 17,3 m près de la Cabane des Portes, à 800 m de la Charente (RN 137). Près de la Cabane Carrée, cette dépression est localement obstruée par des accumulations de coquillages écrasés, voire de tourbes, entre 3,4 et 3,5 m de profondeur (BRGM 658 - 6 - 3).

A proximité de la bordure méridionale, le bri s'épaissit rapidement comme on a pu l'observer lors du curage des fossés ou des travaux de drainage près des Forges à Tonnay-Charente ; à l'Ouest par contre, le substrat plonge moins rapidement, en bordure du Canal de Genouillé : du Chemin Charles au moins jusqu'à la latitude de la Cabane Pourrie, la profondeur du bri est de l'ordre de 1 à 2 mètres en bordure des îles et du coteau, ici peu accidenté ; localement dans le diverticule de la Challonnière, le bri peut atteindre 3 m d'épaisseur (RN 137).

A partir de ces sondages, on peut donc supposer que le plancher rocheux du marais de Muron n'est guère différent de la topographie émergée dans la région de Genouillé et de Vandré : une plaine faiblement ondulée, parcourue de vallées parfois profondes. Le bri est en effet généralement peu épais lorsque les bordures sont peu élevées - comme près du Pont du Prat, à Tonnay-Charente où la tarière ne pénètre guère au-delà de 30 à 70 cm - et semble plus profond près des escarpements vigoureux, des Forges à Moragne ; la présence d'îles recouvertes par quelques décimètres de bri seulement est probable, à la Cabane du Rocher où après 30 à 40 cm, la tarière à main bute sur les marnes blanches (Kimméridgien supérieur ?). Les sondages profonds incitent à voir dans ce marais une vallée, la «rivière de Muron» située vers - 13 m NGF aux Courtins et vers - 17 m aux Portes.

L'absence de sondages dans les marais entre l'Ile d'Albe et Flay ne permet pas d'être affirmatif quant au tracé naturel de la Gère. Le bri est très peu épais sous le canal de Charras, en particulier au Nord de Soumoran (2 à 4 mètres), comme entre Soumoran et Flay ; les débouchés de la Gère seraient donc plutôt le corridor de Ludène et le «golfe» au nord de Rochefort : en raison de la présence des îles de la Lance et de l'Ileau en face du corridor de Ludène et de la profondeur atteinte par les sondages au nord de Rochefort, un cours ancien de la Gère, confluant en Charente entre Rochefort et Tonnay paraît probable : c'est ce que l'étude planimétrique avait laissé entrevoir (p. 179, 228, 229).

Dans le marais de Voutron, à l'ouest de l'île de Breuil Rochefort, l'épaisseur du bri semble peu importante. A côté des sondages, des profils sismiques permettent de se faire une idée de l'épaisseur du bri.

Le détroit de Charras à Vergeroux a été exploré en amont par un profil géophysique (P. BOURGUEIL & P. MOREAU, 1972, p. 18) et en aval par les sondages du nouveau pont de Charras. Le profil de sismique réfraction montre dans la partie centrale, une dépression «assez large et profonde (25 à 30 m) pour avoir servi de passage (à la Charente) à certains stades de la remontée flandrienne du niveau marin» (id., p. 16). Entaillée dans les «calcaires plus ou moins argileux», cette dépression est colmatée par des «niveaux sableux plus ou moins argileux» dont le toit se situe vers 10 - 12 m de profondeur : ces formations attribuées au Quaternaire ont un comportement sismique tout à fait identique à celui des sables et argiles cénomaniennes de la région de Tonnay-Charente (RN 137).

Les sondages effectués en rive droite du nouveau pont de Charras ont rencontré les sables à des profondeurs de l'ordre de 12 à 13 m, voire 9,50 m sous la levée Nord du chenal de Charras (sondage APS 6, RN 137), et des bancs de marnes et de calcaires vers 15 à 16,50 m de profondeur. Il est donc probable que l'épaisseur du bri dans cette région ne dépasse guère cette valeur.

A l'Est de l'île de Breuil-Rochefort, la vallée de Basse Terre au Nord de Rochefort, a creusé le plancher rocheux à 4,50 m au-dessous du niveau du bri (sondages RN 137) ; dans les marnes kimméridgiennes, il est possible de reconstituer une vallée située entre Liron et Breuil, dont le fond se situerait vers - 5 m NGF au sud de Liron (BRGM - 658-2-501), - 9 à - 10 au profil sismique et - 15 m au sud de Charras où elle conflue avec la Charente : on retrouve ainsi un dispositif voisin de celui de la rivière de Muron dont le lit rocheux proche de - 15 m NGF s'abaisse en direction de la Charente.

L'absence de profils entre Liron et l'île de St-Laurent-Fouras ne permet pas de choisir entre l'hypothèse de B. BOURGUEIL qui y cherchait un ancien cours de la Charente et notre hypothèse d'une vallée de Charras, affluente de la Charente ; ces deux hypothèses, nullement incompatibles ont pu correspondre à la réalité, à des phases différentes du colmatage des marais.

La rareté des sondages profonds dans les marais d'Yves et de Voutron ne permet pas une reconstitution précise du plancher rocheux. Le profil sismique du BRGM, établi le long du canal des Prés-Fourgons montre que les «terrains de couverture (400 à 700 m/s)» ne dépassent guère une dizaine de mètres d'épaisseur alors que des dépressions remplies de sables plus ou moins argileux atteignent facilement 20 mètres de profondeur (voire 30 à à la «station 6»). Selon que l'on attribue la couche intermédiaire au Quaternaire ou au Cénomanien, l'évaluation du volume du bri varierait du simple au double, voire au triple ! En bordure nord, le bri est très peu épais, en particulier au nord de Flay (1,70 m) au Pont d'Ardillières (3,40 m), entre Agère et Ballon (BRGM 658-2-502 et 503), entre Voutron et Angoute (BRGM 658-1.1, - 7,70 m NGF à l'Oasis, BRGM 658-1-501 : - 3,6 m NGF au Marouillet) comme à l'ouest de Voutron (Kimméridgien en place au fond des fossés) ou au nord en direction du Passage vers Thairé (2 à 3 m d'épaisseur seulement à 50 m au nord de l'île).

Toute la bordure kimméridgienne du marais de Rochefort est donc relativement peu déprimée ; mais cette impression doit être corrigée car, lorsque les sondages sont nombreux, l'aspect du plancher rocheux est contrasté : dans les marais d'Angoute, en arrière de Chatelaillon-plage, les sondages de l'échangeur de «Loin du Bruit» ont atteint le substratum respectivement à - 8,90 m, - 5,45 m, - 4,40 m et - 1,70 m de profondeur sans que rien dans la topographie émergée ne suggère l'existence d'un talus enfoui ; dans le même marais par contre, le sondage de la Station d'Epuration de Chatelaillon a traversé 7,50 m de bri en arrière du cordon littoral.

La carte des sondages réalisés dans le marais de Rochefort (figure 185) montre leur inégale répartition : l'épaisseur du bri ne peut guère être évaluée avec quelque chance de vraisemblance : les lacunes de la documentation, la profusion des îles, et aussi des cordons littoraux émergeant (Marouillet) ou non du bri (marais au sud d'Angoute et à l'est de St Laurent) rend ce projet prématuré. Les sondages disponibles permettent toutefois d'aboutir aux conclusions suivantes, classées par ordre décroissant de certitude :

- la bordure Nord est relativement peu profonde

- le relief enfoui dans le bri est le plus souvent voisin du relief «émergé», ces deux reliefs étant observés à la même échelle.

- chaque intervalle entre îles est drainé par une vallée plus ou moins profonde, qui a pu être guidée par des cassures, des failles, des îles non affleurantes, etc...

- le cours naturel de la Gère la dirige vers Rochefort et non vers Yves ou Charras ; le drainage des dépressions du marais occidental de Rochefort est resté longtemps indépendant du drainage de la partie orientale.

- d'anciens tracés de la Charente ont pu contourner par le Nord l'île de St-Laurent-Fouras.

Il est possible de préciser davantage dans les marais qui ont pu faire l'objet d'un réseau très dense de sondages, comme les marais de Tasdon-la-Moulinette où est installée en partie La Villeneuve des Salines, à l'Est de La Rochelle.

e) L'épaisseur du bri à l'est de La Rochelle

Avant les travaux portuaires de l'époque contemporaine, l'épaisseur du bri dans la région de La Rochelle était inconnue mais tenue pour importante : pour P. ARCERE, dans la région de Maubec et de Tasdon «le fond est très profond ; on ne le trouve pas toujours à trente pieds» (c'est-à-dire près de 10 mètres) ; A. BOUQUET de LA GRYE présente en 1877 divers sondages dans la baie de La Rochelle ; J. WELSCH (1926, p. 264) indique que le bri dépasse 6 à 7 m d'épaisseur sous la gare SNCF. Quarante sondages effectués avant l'installation de la Villeneuve des Salines permettent de se faire une idée très précise de l'épaisseur du bri au nord du Marais de Tasdon *(figure 186)*.

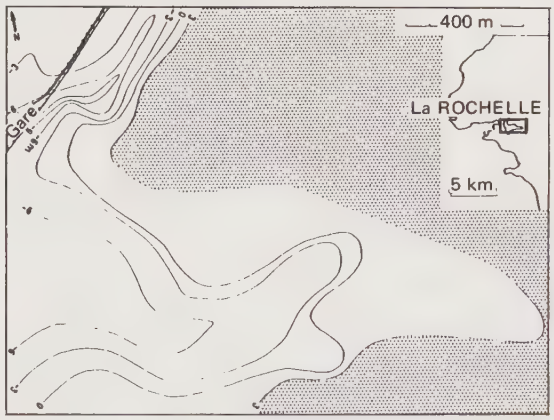


Figure 186 :

Profondeur du plancher rocheux à l'est de la Gare de La Rochelle
(d'après les documents des Ponts et Chaussées)

Le relief enfoui sous le bri se compose de deux parties : une partie supérieure aux pentes douces comme l'est actuellement le relief émergé, et une seconde partie aux pentes assez fortes, correspondant à l'entaille du ruisseau de la Moulinette, à proximité du rivage actuel. Cette pente assez forte se poursuit vers l'aval, où les sondages du Viaduc de Bonemort ont traversé 12 m de bri.

Dans tous les marais littoraux, on retrouve le même schéma quant à la topographie du plancher rocheux :surfaces faiblement ondulées et assez peu profondes, dans lesquelles s'encaissent vigoureusement des vallées profondes, dont il n'est qu'exceptionnellement possible de retrouver le tracé précis et le profil longitudinal.

Avant la transgression flandrienne, les plateaux d'Aunis et de Saintonge avaient donc été creusés par une série de vallées vigoureusement encaissées (tableau 42), qui devaient être comblées et masquées au cours des différents épisodes de cette transgression par un sédiment connu pour sa monotonie et sa finesse, le bri.

N°	Origine	Date	Commune	Lieudit	x	y	z	Profondeur	Cote de la base du bri sondage : NGF
1	AD,S 1635	1879	Cabariot		352	106			(3 à 4m) *
2	AD,S 1109	1879	Rochefort Echillais	Martrou, tunnel	344,6	107,6		18 à 26	5 à 13 *
3	E, Marennes	1942	Hiers Brouage	Pont Havre	335,8	102,3		23	(20)
4	E, LR Nord	1943	Trizay	Pépinière	346,9	106		28	-11,9
5	" "	1943	Rochefort	Basse Terre	344,2	111,9	4	31	- 0,5
6	" "	1947	Fouras	Feu Soumard	?			12	- 7,3
7	" "	1947	"	"	?			24	-19
8	" "	1949	Tonnay Charente	La Miardière	352,5	113,1	3	14	- 1,40
9		1956	Vergeroux	Cl. Rochefort	-	-		26	- 9,70
10		1955	Dolus	Pt de la Brande				13	- 10
11		1962	L'Eguille	Pont	342,2	84,4	(3)		
12			Chatelaillon	Loin du Bruit	336,1	12?,6		4,5 à 11,6	- 2 à-9
13	Gabet		Tonnay	Asturonia	346,2	111,0	(2,8)		
14	"		Rochefort	Corderie	344,7	109,7		(33)	29,4
15	"		"	Vieille Forme	344,7	110,3	(3)	(28)	23 ou 25
16	"		"	Coop	345,5	111,5	(2,8)		
17	E, N 737		"	Cne Pourrie	346,7	112,5	(2,8)		
18	E, LR Nord		La Tremblade	Les Roseaux	325,6	92,6	(9)		- 11
19	"		"	Bouffard	326,6	89,9	(8)		- 8
20	"		Chateau d'Oléron	Pt Fontaine					3,50
21	ERN 137	1969	St Laurent	Cl. Charras N : F1	241,1	114,2		19,2	13 NGF
22			Le Vergeroux	Cl. Charras S : F2	341,3	114,1		19,2	-13,30 NGF
23	"		Yves	Cl de Portpunay	337,1	123,7		6,60	(refus)
24	"		Chatelaillon	N Ile Angoute	336,9	124,0		2,90	(refus)
25		1959	Trizay	Pont Pillay, 4sond.	346,6	105,9		17 à 21 m	-13à16m NGF
26	E, Marennes	1961	St Just	Pt de la Bergère	340,6	94,7			:11,30 soit - 9 NGF :à14,4 soit (-11 m)
27	"		St Agnant	Roberte	342,3	100,3		8,70	6,20
28	"		Hiers	Pont Un Denier	334,3	99,5		23,50	-8,5
29	"		Marennes	Pt de l'Atelier	332,1	96,3			:3 à -4,75
30		1971	Moeze	Brouage	335,8	102,4		27,90	- 21
31	E		Hiers-Brouage	Brouage	335,8	102,3		27,00	- 17
32	Regrain	1971	St Jean d'Angle	La Jonchère	343,3	96,9		7,70	- 5
33	"	1972	Genouillé	Lillard	357,6	117,0		5,50	- 3
34	"	1972	Muron	Cne des Groies	354,9	117,0		7,50	>- 5
35	"	1972	Genouillé et St Crépin		divers			1 à 2	+ 1 à+ 2
36	E	1973	Soubise	CD 238	341,4	107,5	2,95	4	
37	E	"	"	"	342,5	107,0	2,65	4 à 15	- 12
38	E	1972	Chatelaillon	Stat. Epuration	(334)	(126)		14,5	5
39	E	1973	Soubise	Four au diable	342,5	106,9	2,65	13-15	-10 à-13
40	E	1973	Soubise	Lorange	341,5	107,2		12-6	10 ; 3,50
41	E, RN 137	1976	Rochefort	VF Aigrefeuille	344,7	112,5	7	4,5	2,0
42	" "	"	"	RN 11	347,0	112,0	17,5	17,3	15
43	" "	"	Tonnay Charente	Les Epinettes E	347,5	111,	3		0,70
44	E,D 733	1977	St Agnant	N. Tamaris	344,3	99,4	1,9	1,6	1,4
45	E,D 733	"	St Agnant	E. Les Bossillons	343,8	99,6	5	5	
46	E,D 733	"	"	SW Les Fontaines	345,0	100,3	4,2	4	1
47	E,D 733	"	St Jean Angle	W La Gourmanderie	343,8	98,25	4,5	(3)	0
48	E,D 733	"	"	"	343,75	98,2	3,3	2,8	0
49	E,D 733	"	"	N Jonchère	343,8	97,0	1,3	1,2	1,8
50	E,D 733	"	"	N Jonchère	343,9	97,2	4,4	4,2	1,2

N°	Origine	Date	Commune	Lieudit	x	y	z	Profondeur	Cote de la base du bri sondage : NGF
51	E,D 733	"	"	N Gge Chevreau	344,8	97,4	2,8	2,7	+ 0,3
52	E,D 733	"	"	St St Fort	345,0	97,9	2,3	2,2	0
53	E,D 733	"	"	N Gge Chevreau	344,85	97,4	3,80	2,5	0,5
54	E,D 733	"	"	Cl St Fort	343,8	97,5	4,8	4,8	
	BRGM								
55	658.1.1.	"	Yves	Camping de l'Oasis	336,6	122,675		11,00	-7
56	658.1.2.	"	Yves	Les Boucholeurs	336,55	122,6		12,00	-9
57	658.1.4.	"	Fouras	Les Valines	336,95	115,72		13,00	-1
58	658.1.501	"	Yves	Le Marouillet	338,2	121,3		8,20	-3,6
59	658.1.502	"	Yves	Les Boucholeurs	336,8	122,3		2,50	0
60	658.1.503	"	Yves	Les Boucholeurs	337,775	122,775		2,40	0
61	658.1.504	"	St Laurent	La Gde Motte	341,9	117,1		3,60	-1
62	658.2.501	"	Breuil Magné	Grand Moindreau	343,40	117,0		8,30	-6
63	658.2.502	"	Ballon	l'Ileau E	343,7	121,6		4,60	-1,6
64	658.2.503	"	Ballon	" SE	343,5	121,0		5,50	+1,8
65	658.3.501	"	Muron	Les Courtins	353,7	116,34		16,60	-13
66	658.3.502	"	Muron	Les Longées	351,37	117,15		2,4	0
67	658.3.503	"	Muron	Albe	353,33	118,075		2,9	0
68	658.4. 7	"	St Crépin	Hivraie	360,03	115,38		7,0	0
69	658.4.507	"	St Germain	Etourneau	357,58	123,12		2,9	0
70	658.5.501	"	Rochefort	Base Aérienne	341,65	109,55		17,5	-12
71	658.5.502	"	"	Base Aérienne	341,76	109,875		12,5	- 7
72	658.6.3	"	"	Cabane Carrée	345,5	110,95		3,5	- 1
73	658.6.4	"	Echillais	Martrou RG	344,2	107,1		29,0	-22
74	658.6.513 (1969)	"	"	Pt de Biard	347,35	108,6		34,5	-25
75	658.6.513 (bis)	"	"	"	"	"		34,5	-25
76	658.6.514 1	"	Tonnay Charente		347,45	110,25		30,0	-13
77	658.6.514 2	"	" "	Zone industrielle	(347)	(110)		18,6	-10
78	658.6.514 3	"	" "	" "	"	"		32,0	-25
79	658.6.514 4	"	" "	" "	"	"		31,0	-26
80	658.6.515	"	Rochefort	Base aérienne	341,84	109,325		18,9	-16
81	658.6.516	"	"	"	342,116	109,38		8,4	- 5
82	658.6.517	"	"	"	342,325	109,5		10,2	- 6
83	658.6.518	"	"	"	342,37	109,47	7,8		- 5
84	658.6.519	"	"	"	342,375	109,4	10,3		- 5
85	658.6.520	"	"	"	342,51	109,3	7,4		- 3
86	658.6.521	"	"	"	342,7	109,275	7,2		- 3
87	658.6.522	"	"	"	"	"	6,7		<-2
88			Marennes	Plage	330,52	96,86	+3	16	<-13
89			Ronce les Bains		326,1	94,25	+1	12	<-15
90			La Tremblade	Coux	318,75	91,075		13,3	<-10
91				La Vinaigrerie	329,98	91,33		20	<-17

* Cote Bourdaloue

Tableau 42 : Sondages réalisés dans les Marais Charentais

2 - LES MATÉRIAUX RENCONTRÉS DANS LES SONDAGES

Les sondages profonds dans le bri mettent en évidence plusieurs faciès sédimentaires superposés :

a) une couche superficielle de bri assez compact*
b) une épaisse couche de bri comprenant des lits de coquillages ; on y distingue parfois des ensembles plus ou moins grossiers ; l'ensemble est de moins en moins compact, et assez souvent liquide à la base : «l'outil, par son poids, rentre de lui-même» notent les sondeurs.
c) sur le fond, des dépôts plus grossiers, sables ou graviers.

a) Description qualitative

Dans la vallée de la Seudre, par exemple, la description synthétique des sondages de l'Eguille indique : «tout d'abord se présente une couche de vase de compacité décroissante avec la profondeur (sic)... la partie inférieure de cette couche contient de très nombreux débris de coquillages. Vient ensuite une mince couche où le sable gris se substitue à la vase, avec présence de graviers de couleur grisâtre, certains de grandes dimensions». (Ponts & Chaussées, Saujon).

Entre Marennes et La Tremblade, les forages effectués en 1965 pour le Pont de la Seudre *(figure 181)* montrent en rive droite différents faciès sédimentaires :

- dans le talweg du lit rocheux, des argiles grises vers 18 m NGF
- des lits alternés de sables fins et de bri, plus ou moins riches en coquilles jusque vers - 10 m (8 m d'épaisseur)
- une couche d'argile sableuse de 2 à 4 m d'épaisseur
- le bri coquillier supérieur, 2 à 10 m d'épaisseur.

Les faciès au contact de roche en place et du bri sont des sables fins gris comportant des débris calcaires ou des coquilles ou des sables grossiers alternant avec des argiles brunes. Parfois, ils reposent sur des «calcaires disloqués». Ces formations peuvent être rapportées soit à des dépôts de pente («calcaires disloqués»), soit à des faciès transgressifs (sables grossiers, argiles grises ou brunes), développés aux dépens des estrans d'argiles et de sables cénomaniens affleurant dans les Pertuis.

Au-dessus s'établit une sédimentation sableuse, sables fins riches en coquilles, 8 à 10 m côté Marennes, dominante côté La Tremblade, et absente sous le cours actuel de la Seudre. Il s'agit peut-être de faciès de plages devant un vaste estran sablovaseux, de levées coquillières de schorre, de flèches sableuses progressivement ensevelies lors de la transgression flandrienne.

Dès - 7,8 m NGF, la sédimentation change ; en rive droite de la Seudre, le bri coquillier est pratiquement seul à se déposer, alors même que les sables s'affirment en rive gauche. Est-ce un écho de l'épuisement du stock sableux qui alimentait la rive droite, ou les courants distribuant le sable depuis le Sud changent-ils de tracé ? On est réduit aux hypothèses puisqu'aucune analyse n'a pu être effectuée sur ces échantillons. Le sondage du Pont de la Seudre montre donc deux faciès superposés, un bri sableux inférieur et un bri fin supérieur ; les perturbations à ce schéma peuvent être rapportées à des variations de configuration du littoral, voire au glissement vers le sud du cours de la Seudre.

La coupe en amont de Martrou présentée à l'appui d'un projet de tunnel sous la Charente par A. POLONY (Arch. dép. Charente Maritime, S. 1109) indique, à partir de - 9 m (environ 6 - 7 m NGF) un épais «bri noir sableux». A Soumard un faciès sableux apparaît à 2,50 m sous un feu et 8,00 m sous l'autre (Ponts & Chaussées, 14-26 juillet 1947). Ce changement de faciès dans le bri de la vallée de la Charente n'est cependant pas général : 4 sondages seulement sur 17 ont rencontré du «bri sableux» au Pont du Martrou, à 12,8 m, 20 m, 3 m et 6 m de profondeur ; vers 12 à 26 m, au Pont Transbordeur, à 12 m à l'Houmée, 10 m à Saint-Clément, 14 m à Cabariot, etc... ; quelques bancs de sable peuvent même apparaître entre ces deux faciès, vers - 2,8 m NGF au nouveau pont de Charras.

Plutôt qu'à une variation verticale de faciès qui serait générale dans le bri, on pourrait estimer que ces faciès dénotent des variations d'énergie des courants transporteurs et que ce «bri sableux» témoigne d'anciens cours de la Charente, ou d'anciennes levées de débordement sur la plaine alluviale. Au cours de la transgression flandrienne, ce phénomène a pu se produire de nombreuses fois, ce qui expliquerait la diversité des profondeurs où ce «bri sableux» se rencontre.

D'autres sondages ont été récemment effectués dans le bri ; des échantillons ont fait l'objet de mesures géotechniques précises qui ont pu être consultées dans les Services Départementaux de l'Equipement (Environnement et Cadre de Vie). Il est donc possible d'essayer d'intégrer des mesures géotechniques à une étude géomorphologique du bri des Marais Charentais.

b) Aperçu géotechnique sur le bri de la région de Rochefort.

Le bri est un matériau argileux plastique dans lequel on s'est longtemps contenté de n'effectuer que les travaux strictement nécessaires : les ouvrages étaient appuyés sur des radiers de chênes (Corderie de Rochefort) ou de rochers lorsque le lit rocheux était trop profond (écluses du port de Rochefort) ; d'autres ouvrages étaient posés sur des pieux, battus jusqu'à ce que le comportement du bri inférieur soit de type hydrostatique (M. POLONY, 1885 ; M. COMBARNOUS et M. LUTTON, 1910). L'ancienne voie ferrée d'Aigrefeuille à Rochefort, a été installée sur un remblai imposant, mais nous n'avons pas retrouvé les archives techniques la concernant ; par contre les voies de La Rochelle à Saintes par Rochefort, et de Cabariot au Chapus reposent, comme les ouvrages récents, sur un remblai de faible épaisseur. Les travaux de la période actuelle (Villeneuve des Salines, Marais Perdu à La Rochelle, ponts, routes et port de la région de Rochefort) ont nécessité une connaissance plus précise des qualités géotechniques du bri.

Les principaux paramètres mesurés habituellement sur le bri sont la teneur en eau, les limites d'Atterberg (K. TERZAGHI, R.B. PECK, 1965 ; J. BERTHIER ? 1967 ? ; J.F. VIDALIE, 1977) :

- la teneur en eau W est le pourcentage du poids d'eau rapporté au poids de l'échantillon sec : les teneurs en eau des vases sont de l'ordre de 50 à 130 %, les teneurs en eau des tourbes de 300 % à 1200 %.

- les limites d'Atterberg désignent les teneurs en eau lorsque le bri passe de l'état solide à l'état plastique (limite de plasticité Wp), de l'état plastique à

*cf figure 178 p. 263

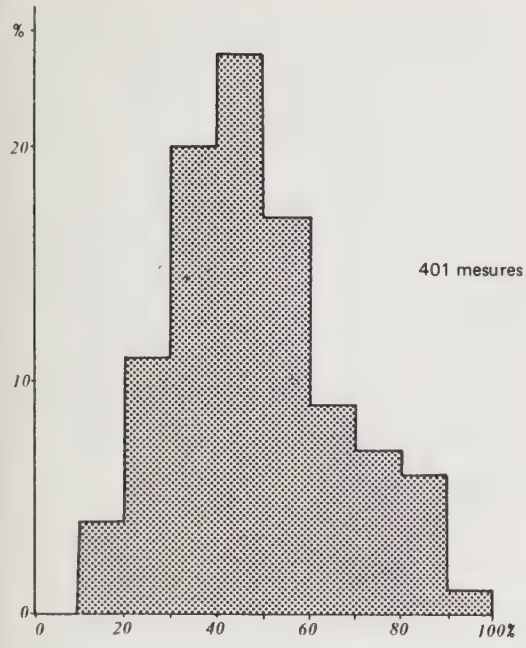


Figure 187 :

Teneurs en eau du bri de la région de Rochefort

(d'après les documents des Ponts et Chaussées, sites non précisés)

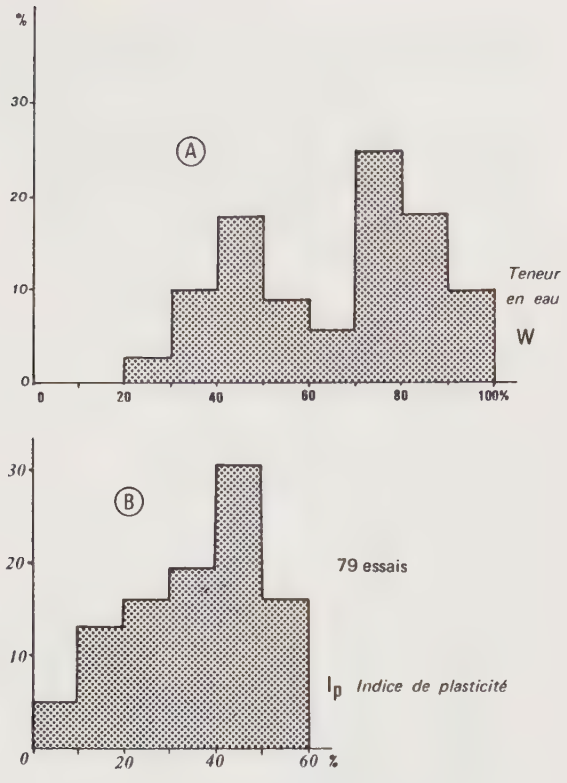


Figure 188 :

Limites d'Atterberg du bri de la région de Rochefort

(d'après les documents des Ponts et Chaussées, sites non précisés)

l'état liquide (limite de liquidité WI *) Les caractéristiques principales du bri de la région de Rochefort ** sont résumées sur les *figures 187 et 188 B.* Le bri possède une teneur en eau modale de l'ordre de 40 à 50 %, mais des mesures effectuées dans l'estuaire *(figure 188 A)*, montrent que 2 groupes de valeurs, proches de 40 % et proches de 70 - 80 % peuvent être distinguées : un bri compact et un bri plus liquide.

Plusieurs sondages ont été effectués sur le tracé de l'actuelle RN 137, en particulier près de Charras. La *figure 189* rassemble les paramètres géotechniques de ce bri ; on y observe :

- une «croûte» superficielle, de 1 m d'épaisseur environ, dont la teneur en eau (W) est de 40 à 50 %, la limite de liquidité de 75 %.

- un bri supérieur, de 4 à 5 m d'épaisseur, caractérisé par des teneurs en eau W supérieures à 65 %, la limite de liquidité WI varie de 70 à 95 %, l'indice de plasticité Ip est voisin de 40 - 50 % . Ce bri supérieur est une «argile très plastique At» de la classification U.S.C.S.

- un bri inférieur*** un peu plus résistant : W généralement inférieur à 50 %, WI de l'ordre de 50 à 60 %, Ip voisin de 30 à 40 ; ce bri inférieur est une

Commune Lieudit	Le Vergeroux Charras	Soubise Le Péré Maillard	Echillais La Noraudière	Rochefort Port	Tonnay-Charente Les Epinettes	 La Chalonnière
Référence	N.137	D.238	D.238	Vidalie, 1977	N.137	N.137
km	0	6,5	8,2	14,2	17,0	18,2
W	88	65	60	46 ; 62	42	34
WI	80	78	75	76 ; 68	59	33

Tableau 43 :

Données géotechniques entre Le Vergeroux et Tonnay-Charente

* Ces limites sont mesurées dans les conditions opératoires normalisées : si 25 chocs referment une entaille en V tracée dans le matériau étendu dans une coupelle, WI est atteint ; Wp est défini lorsqu'un boudin de 3 mm de diamètre se rompt. L'indice de plasticité (Ip = WI − Wp) et la limite de liquidité WI définissent le «diagramme de Casagrande» permettant de ranger les matériaux dans la classification U.S.C.S. des sols fins, reprise par le Laboratoire Central des Ponts & Chaussées .

** D'après les Archives des Ponts & Chaussées ; C. ROEHRICH (1941, p. 623) indiquait WI : 57 %, Wp : 17 %.

*** ici, au-dessous de lits de sables.

argile très plastique At, se rapprochant des «argiles de plasticité moyenne» de la classification U.S.C.S.

Les caractéristiques géotechniques du bri présentent donc une certaine variabilité verticale, même dans les zones de sédimentation récente comme l'estuaire de la Charente. Elles présentent d'autre part des variations spatiales, en particulier entre le Vergeroux et Tonnay-Charente (échantillons prélevés entre 2 et 3 m de profondeur) *(tableau 43).*

On observera que la teneur en eau semble décroître au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la mer. Par ailleurs, la limite de liquidité, à peu près constante à proximité de la Charente (68 à 80 %) tombe brutalement dans les prises plus «continentales» : 59 à 33 % ; à la même profondeur, à Chatelaillon, 42 % à l'Hippodrome de cette ville, à Loin du Bruit, près d'Angoute (marais endigués au XVIIème siècle) mais 30 % et 33 % sur le tracé de la route entre Angoute et St-Laurent (régions déjà largement colmatées au XVIIème siècle, d'après les cartes de Cl. MASSE).

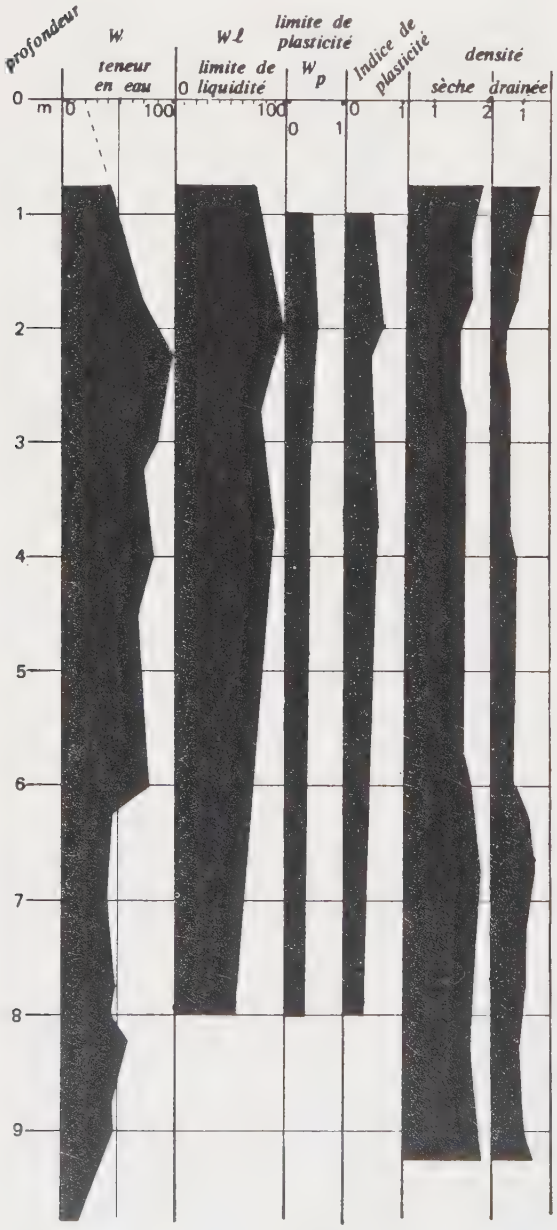


Figure 189 :

Paramètres géotechniques du bri de l'estuaire de la Charente

On peut donc retenir que les limites de liquidité comprises entre 30 et 60 % caractérisent le bri des prises, les valeurs supérieures à 60 % le bri de l'estuaire (valeurs observées à 2 - 3 m de profondeur dans le marais de Voutron et aux environs immédiats de Rochefort). Les horizons supérieurs, plus compacts, ont des teneurs en eau W de l'ordre de 20 à 40 % (Charras, entre 2 et 3 m NGF) ; les teneurs en eau sont de l'ordre de 60 à 80 %, dans le bri supérieur et de l'ordre de 50 % dans le bri inférieur. La perte en eau entre le bri superficiel et le bri supérieur, de l'ordre de 30 à 40 % sur environ 1 m d'épaisseur, trahit le tassement subi par le sédiment depuis son dépôt.

- le tassement et la consolidation

En dehors de leur intérêt pratique, les mesures de paramètres géotechniques permettent de se faire une idée du tassement subi par les sédiments depuis leur dépôt. Si les premiers stades de la sédimentation ont été étudiés, l'expérience montre que l'essentiel du culot de sédimentation est déposé au bout d'une trentaine de jours (L. BERTHOIS, 1957 ; D. GOULEAU, 1975, p. 142), rares sont les mesures concernant le devenir des vases ainsi déposées : à côté des études classiques de L.M.J.U. VAN STRAATEN (1961), J. BENNEMA, E.C.W.H. GEUZE, H. SMITS, A.J. WIGGERS (1964), L. DANGEARD, C. MIGNIOT, C. LARSONNEUR, P. BAUDET (1964), H. POSTMA (1961, 1967) R.L. MAC MASTER, (1967), les études récentes ont porté sur des bassins de sédimentation très profonds (H.H. RIEKE, G.V. CHILINGARIAN, 1974) et surtout sur le tassement provoqué par les constructions (L. BJERRUM, 1967), ou les remblais (L.C.P.C., 1973). Le L.C.H.F. a réalisé en 1967 une étude du tassement naturel des remblais du Marais Perdu près de La Rochelle. Quelques essais d'incorporation de données géotechniques aux raisonnements naturalistes ont été récemment réalisés, en particulier par D. PRIGENT (1977, pp. 11-23).

Le tassement total ΔH d'une *couche compressible saturée, chargée par un remblai,* s'écrit :

$$\Delta H = \Delta hi + \Delta hc + \Delta hs + \Delta hf \qquad (1)$$

Δhi est le tassement immédiat avant tout drainage, donc à volume pratiquement constant, la compressibilité de l'eau étant négligeable devant celle du squelette solide.

Δhc est le tassement de consolidation primaire à déformation latérale nulle, provoqué par l'écoulement de l'eau pendant la consolidation.

Δhs est le tassement secondaire à déformation latérale nulle ; il s'effectue à pression interstitielle quasiment nulle et correspond à un fluage du squelette.

Δhf est le tassement provoqué par les déplacements latéraux du sol de fondation (F. BOURGES, 1973 a, p. 17).

L'essentiel du tassement subi par le bri depuis son dépôt est assimilé à la consolidation primaire Δhc par D. PRIGENT (1977, p. 13).

En dehors des mesures par nivellements répétés, des paramètres géotechniques permettent d'estimer cette consolidation. L'observation des altitudes du bri à l'air libre et du bri recouvert par du sable ou des dépôts anthropiques est souvent utilisée : D. PRIGENT évoque une dénivelée de plusieurs mètres entre la base des cordons de la région de La Baule et la surface des marais ; à la Petite Aiguille par contre, le bri sous le site à sel (2,20 m de remblai) est à une altitude inférieure de quelques centimètres seulement à la cote du pré voisin ; encore ne peut-on affirmer que la différence ne soit pas due à une reprise de la sédimentation après l'abandon du site ! De telles estimations du tassement restent approchées, si on ignore les détails de la stratigraphie et les possibilités de variations dans la sédimentation (traces d'anciens chenaux, etc...), la différence de traitement hydrologique (drainage) entre les deux sites de bri et, dans le cas de cordons littoraux, la nature du milieu qu'ils ont recouverts : schorre ou haute slikke.

C'est pourquoi les paramètres géotechniques peuvent être préférés ; on les détermine de façon approchée grâce à des formules empiriques où l'indice de compressibilité Cc est fonction de la limite de liquidité WI, ou de façon expérimentale à partir des essais oédométriques.

A partir de la limite de liquidité WI, l'indice de compressibilité peut être déterminé en utilisant les formules suivantes où WI est exprimé en % :

- la formule de TERZAGHI :
  $Cc = 0{,}009\ (WI - 10)$ si WI est inférieur à 50 (2)
- la formule de F. BOURGES, J.L. PAUTE, C. MIEUSSENS (1973, p. 95) :
  $Cc = 0{,}015\ (WI - 29)$ (3)
- ou encore la formule établie par J.F. VIDALIE (1977, p. 16)
  $Cc = 0{,}013\ WI - 0{,}25$ (4)

Pour le bri charentais, les valeurs de Cc obtenues par ces trois formules sont assez voisines *(tableau 44)*.

	Profondeur en mètres	WI	Cc Terzaghi	Cc Bourges	Cc Vidalie	Cc mesuré
Estuaire de la Charente	0,50	*73*	(0,57)	*0,64*	*0,70*	*1 à 1,1*
	1,50	*85*	(0,67)	*0,84*	*0,85*	
	2,00	71	(0,55)	0,61	0,67	
	6,00	80	(0,63)	0,76	0,79	*0,84*
	8,00	57	(0,42)	0,42	0,49	
Marais de Saint-Laurent	0,50	43	0,30	0,21	0,31	
	0,50	66	(0,50)	0,55	0,61	
	1,50	*73*	*0,57*	*0,66*	*0,70*	
Canal de Genouillé	0,80	59	(0,44)	0,45	0,52	
Tonnay Charente - Nord	2,50	33	0,20	0,06	0,18	

Tableau 44 :

Indices de compressibilité du bri des Marais Charentais

(Les valeurs en italique sont des moyennes ;
les valeurs de Cc Terzaghi entre parenthèses correspondent à des WI supérieures à 50,
pour lesquelles la formule 2 ne s'applique normalement pas)

Les différences entre les valeurs de Cc, assez faibles pour WI supérieur à 50, proviennent de la série de références ayant servi à établir la relation $Cc = k\ (WI)$: la relation de F. BOURGES et *alii.*, reposant exclusivement sur des sédiments récents d'origine marine paraît devoir être retenue, pour le bri charentais comme pour les sédiments de la Grande Brière (D. PRIGENT, 1977, p. 16).

L'indice de compressibilité est obtenu expérimentalement en fonction d'essais oedométriques. Dans les Marais Charentais, des essais oedométriques ont été réalisés sur divers échantillons de bri, prélevés dans des sites variés (mais toujours proches du littoral actuel), et à des profondeurs diverses. L'échantillonnage étant effectué dans des buts extra-scientifiques, on dispose d'échantillons dispersés. Le paramètre courant est l'indice de compressibilité Cc, qui mesure le tassement dû à l'expulsion de l'eau interstitielle. Une courbe oedométrique *(figure 190)* exprime donc la variation de l'indice des vides e (défini comme le rapport entre le volume des vides et le volume des grains solides) en fonction de la charge σ . Tant que σ reste inférieur à la pression de pré-consolidation $\sigma'c$, la variation de e est faible ; puis elle augmente considérablement

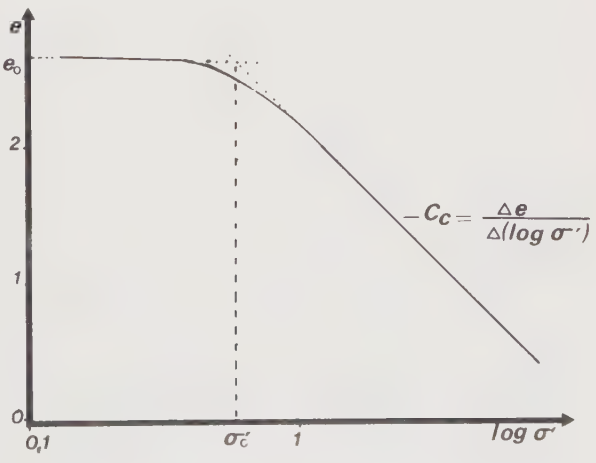


Figure 190 : Courbe œdométrique

et Cc est la mesure de la pente de cette seconde partie de la courbe. Il est alors possible, pour chaque échantillon, de déterminer le tassement de consolidation primaire ΔH grâce à la formule :

$$\Delta H = H \frac{Cc}{1+eo} \log \frac{\sigma'o + \Delta\sigma}{\sigma'c} \quad (5)$$

où H est l'épaisseur du matériau compressible,
eo l'indice des vides initial
$\sigma'o$ le poids des terres superposées,
$\Delta\sigma$ son accroissement (remblai)
$\sigma'c$ la pression verticale maximale qu'ait supporté le sol au cours de son histoire.

Cette formule est établie pour des *sols drainés* (dans l'œdomètre, l'échantillon est inséré entre deux couches poreuses), et ne s'applique donc strictement qu'aux horizons *superficiels* du bri * . Pour les vases de l'estuaire de la Charente, elle indiquerait pour des sédiments épais de 6 à 10 mètres et sous leur propre poids, des tassements de l'ordre de 1 à 1,5 m. Comme la partie effectivement drainée n'a guère que 50 à 80 cm d'épaisseur maximale lors des étés très secs, le tassement d'une couche drainée de 0,50 m d'épaisseur sous son propre poids peut être estimé d'après les mesures effectuées sur le bri de Charras et la formule (5) à 0,06 m, soit environ 10 à 12 % de l'épaisseur initiale. Cette valeur est proche des estimations admises par le LCPC-SETRA en 1972 : le tassement, apprécié avec une incertitude de 25 %, serait de l'ordre de 10 % de l'épaisseur du sédiment.

En réalité, le bri n'a pas été mis en place de façon régulière au cours d'un mouvement uniforme de relèvement du niveau marin ; dans ce cas, le bri se trouverait partout normalement consolidé, c'est-à-dire qu'il n'aurait pas conservé l'empreinte de pressions $\sigma'c$ supérieures à la pression $\sigma'o$ qu'il supporte aujourd'hui ; les mesures œdométriques montrent au contraire que le bri charentais est surconsolidé *(tableau 45)*.

Profondeur m	$\sigma'c$	$\sigma'o$	σ	Cc	eo	$\sigma'c/\sigma'o$
2	0,3	0,18	1,4	1,01	2,16	1,67
4	0,34	0,26	1,5	1,09	2,06	1,30
6	0,5	0,37	1,7	1,05	1,82	1,35

Tableau 45 :

Paramètres œdométriques du bri charentais

(sondage de Charras)

Des mesures effectuées dans la vallée de la Charente, près de La Rochelle permettent de considérer ce phénomène comme général dans les Marais Charentais ; il a été observé sur la plupart des dépôts marins récents en France (L.C.P.C., 1973 ; M. PEIGNAUD, 1971, p. 18-20 J.F. VIDALIE, 1977), comme à l'étranger (C.L. KOFF et *alii*, 1973). Bien que, dans le cas général, les argiles molles moyennement plastiques ($Ip = Wl - Wp$, voisin de 40 %) soient normalement consolidées, les argiles de la Charente (Ip compris entre 30 et 55 %) apparaissent nettement surconsolidées (le rapport $\sigma'c/\sigma'o$ est voisin de 1,3 jusque vers - 4 m et atteint 1,67 à 2 m de profondeur).

Pour L. BJERRUM (1967) cette surconsolidation est due à la «compression secondaire du sol sous son propre poids» : cette dernière devrait donc être plus élevée pour les horizons profonds, mais dans le bri, les niveaux supérieurs sont plus consolidés. Est-ce l'effet d'une surcharge temporaire du bri (un cordon littoral par exemple), d'une variation dans la vitesse de sédimentation, ou d'une émersion prolongée ? D. PRIGENT (1977, p. 18) s'appuyant sans doute sur les courbes d'évolution du niveau marin de R.W. FAIRBRIDGE (1961, 1968) ou de N.A. MORNER (1969) affirme : «Durant la plus grande partie de l'Atlantique, la sédimentation a été rapide, ce qui a entraîné une sous-consolidation. A la fin de cette période et au Subboréal, elle a été plus lente, avec un système de schorres et de slikkes; les émersions ont alors provoqué la surconsolidation».

L'étude palynologique (infra) permet de montrer que cette hypothèse rend bien compte des faits observés dans les Marais Charentais, qui s'éclairent en considérant la courbe de remontée du niveau marin de M. TERS (1973). Cette courbe montre en effet un mouvement rapide de relèvement du niveau moyen au cours de l'Atlantique, suivi d'un mouvement oscillant autour d'une courbe moyenne, elle-même asymptote au niveau actuel. Ainsi, le bri déposé au cours d'une période de haut niveau a-t-il pu se tasser lors de la période de bas niveau qui lui fait suite : la surconsolidation du bri pourrait trouver son origine dans cet accroissement du drainage à la partie supérieure.

A la partie supérieure, le bri, de teinte brune ou verte, apparaît encore plus compact que le bri sous-jacent : la limite de liquidité relevée le long de la route La Rochelle - Rochefort, à 50 cm de profondeur, (moyenne de 10 mesures entre Vergeroux et Chatelaillon) s'établit à 44,7 % (Cc BOURGES : 2,35); pour le bri «marron» ; à 2 m de profondeur, la limite de liquidité moyenne est de 39 % et Cc de 1,50 environ. Cette meilleure consolidation des horizons supérieurs ne provient pas seulement du tassement naturel, mais aussi des phénomènes d'évaporation de l'eau contenue dans le sédiment. Le L.C.H.F. (1967, p. 29) avait noté que la teneur moyenne en eau passe en deux mois de 350 % à 160 %, et D. GOULEAU (1975, p. 152) observe que les pertes d'eau dues à l'évaporation, sur les slikkes, peuvent être de 25 % à 38 %. Les expériences du L.C.H.F., en laboratoire et sur les champs d'épandage,

* Dans l'estuaire de la Loire, D. PRIGENT admet des tassements de l'ordre de 2 à 3 m pour une couche située à 10 m sous la surface et reposant sur 16 m de sédiments, avec Cc voisin de 1.

ont permis d'observer un «croûtage» superficiel des vases, revêtement très dur et étanche de 40 cm d'épaisseur sous lequel les vases ne peuvent se consolider sans drainage : le bri des marais présente une «croûte» comparable, parfois plus épaisse. Pour F. BOURGES et coll. (1973, p. 96), en accord avec L. BJERRUM, «il semble raisonnable d'attribuer cette surconsolidation à la dessication du sol, ou plus exactement aux tensions capillaires régnant au-dessus du niveau de la nappe». La présence d'horizons plus résistants (ou nettement surconsolidés) dans le bri, en l'absence de différences granulométriques, peut donc être interprétée comme le résultat du drainage.

Les données géotechniques apportent donc des informations très utiles à la compréhension de la nature et de la sédimentation du bri des Marais Charentais :

- la compaction superficielle subie par le bri ancien comme par le bri récent est vraisemblablement liée aux tensions capillaires au-dessus de la nappe phréatique : ce phénomène doit être relié à la sécheresse du climat littoral charentais.

- le tassement réel subi par le bri au cours de son histoire peut difficilement être reconstitué à partir des formules de Mécanique des Sols, ces dernières s'appliquant le plus souvent à des sédiments drainés : dans ce cas le tassement estimé pourrait atteindre 10 à 12 % de l'épaisseur du bri. Pour des épaisseurs de l'ordre de 20 à 30 m sous les vallées, et de 3 à 5 m en bordure le tassement serait respectivement de 2 à 3 m et 0,3 à 0,5 m, et les marais présenteraient des différences d'altitude de l'ordre de 1 à 2 m entre régions voisines, ce qui n'a été observé nulle part. Mais le tassement des niveaux superficiels mieux drainés, ne peut être exclu : on l'estimera provisoirement à quelques décimètres.

Les coïncidences notées entre les cotes d'altitude des marais et les niveaux des pleines mers de vive eau moyenne (figure 167) peuvent alors être nuancées, les sondages pédologiques de reconnaissance ayant mis en évidence la présence d'une couche de 0,60 à 1,20 m de bri plus compact. Si l'on envisage un tassement de l'ordre de 10 % de l'épaisseur considérée, le tassement primaire pourrait être de 6 à 12 cm : le plafond du colmatage serait donc situé à un décimètre environ au-dessus des niveaux des pleines mers de vive eau moyennes (voir ci-dessus, p. 242-243).

*Il est possible aussi que des dénivelées notées çà et là dans les marais puissent s'expliquer par des phénomènes de tassement, de «fluage» (F. BOURGES, 1973 b, p. 346) du bri. Ainsi, le bri qui a comblé rapidement le Havre de Brouage après le coulage des bateaux rochelais devait-il, par la promptitude de sa sédimentation, être plus riche en eau que le bri encaissant. Lors du drainage du marais, au cours du XIXème siècle, ce bri s'est d'autant plus tassé que le canal de Brouage a recoupé le tracé de l'ancien chenal de Brouage ; les terrains correspondants se sont donc trouvés «encaissés» en contrebas des terres voisines (près de Cisière, de Bellevue ou des Ecluses de Beaugeay) : ainsi s'expliquerait la disposition des marais plats, déprimés près du chenal de Brouage entre Saint-Just et Saint-Jean d'Angle (figure 157). Par contre en aval des écluses de Beaugeay où la sédimentation a pu se poursuivre, les chenaux de Brouage et de la Craie ont pu continuer la sédimentation : ils apparaissent aujourd'hui très légèrement surélevés (figure 155). Dans les régions où le bri est très épais, on ne peut exclure que des phénomènes de fluage des matériaux aient pu intervenir * .*

- la diminution des teneurs en eau avec la profondeur (figure 189), disposition relativement anormale peut s'expliquer par un changement du rythme de la sédimentation, sédimentation rapide au début puis sédimentation de plus en plus lente : cette hypothèse sera contrôlée par les études sédimentologiques et palynologiques.

- le bri est néanmoins un matériau surconsolidé, tassé par des forces supérieures à son propre poids. La généralité du phénomène dans les dépôts marins récents suggère bien une cause générale, liée à la transgression dont elle est responsable. Le chapitre suivant permettra de vérifier cette hypothèse.

* une étude des microstructures non perturbées du bri dans des sondages serait peut-être susceptible de mettre en évidence de tels phénomènes.

III - LE BRI, SÉDIMENT TERRIGENE

Plus que l'importance du bri, que la rareté des sondages ne permettait guère d'estimer, l'origine de ce sédiment a donné lieu à différentes hypothèses . Jusqu'à ces dernières années, elles étaient insuffisamment étayées sur les analyses que les techniques récentes de la sédimentologie et de la minéralogie des argiles permettent d'effectuer.

1 - Analyses sédimentométriques des sondages

Les analyses granulométriques des sédiments fins ont été réalisées par la méthode de la pipette d'Andréassen raccourcie (F. VERGER, 1963 ; A. RIVIERE, 1977). Cette méthode donnant les fréquences cumulées directes, les courbes granulométriques (courbes cumulatives de fréquences) ont été dressées avec les conventions habituelles dans un système orthonormé : taille des particules (axe des x) croissant de la gauche vers la droite, en progression logarithmique, fréquences croissant de bas en haut, en progression arithmétique.

Les commentaires ci-dessous ne reposent que sur une centaine d'analyses. En effet, l'installation d'un laboratoire sur le Campus d'Amiens où je fus rattaché, demandée dès 1969, ne fut réalisée qu'en 1978 et reste en cours pour les granulométries fines . Ainsi pour des raisons tant matérielles que scientifiques, il s'est avéré impossible de réaliser personnellement ces analyses dans des laboratoires géographiquement trop éloignés d'Amiens, à Orsay par exemple où Monsieur LAFOND nous avait pourtant si cordialement invité à travailler. Par ailleurs et c'est l'essentiel, les laboratoires du CNRS (L.A.141 du Professeur BIROT, Centre de Géomorphologie du CNRS à Caen), surchargés, n'ont pu effectuer que les analyses qui apparaissaient rigoureusement indispensables.

De toutes façons, les résultats de ces analyses doivent être interprétés, commentés : on a donc préféré essayer de tirer le maximum d'informations d'une centaine d'analyses réparties dans les marais plutôt que se livrer à une présentation systématique d'un plus grand nombre d'analyses.

Par ailleurs notre but, là encore, est de montrer quels renseignements diverses méthodes d'interprétation permettent d'extraire des analyses sédimentométriques pour comprendre la géographie physique des Marais Charentais, et non pas de réaliser une étude sédimentologique exhaustive du bri : ces contraintes matérielles ont donc en définitive induit un choix raisonné.

Enfin *(figure 191)* les résultats expérimentaux des analyses sédimentométriques peuvent faire l'objet d'un traitement graphique, processus classique en sédimentologie, ou d'un traitement mathématique, assimilant les résultats obtenus à n'importe quelle série numérique. La mise en œuvre de ces deux types de traitement permettra de montrer quel est l'intérêt de chacun d'entre eux pour la connaissance du bri.

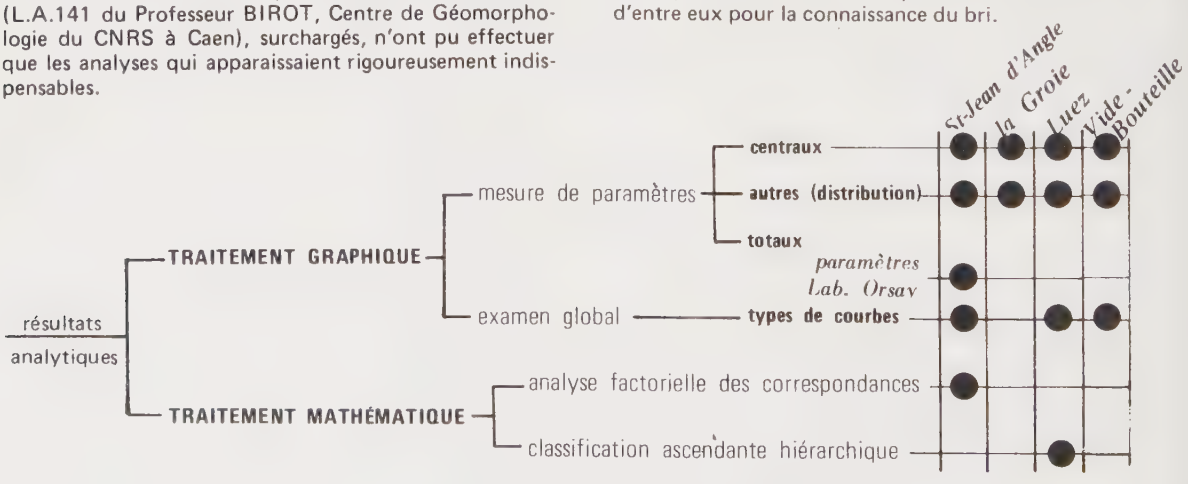


Figure 191 :

Modes de traitement des résultats des analyses granulométriques du bri charentais

* Le sédiment lavé, débarrassé des carbonates et de la matière organique, dispersé par agitation dans une solution au tripolyphosphate de sodium est mis dans une allonge à sédimentation placée dans une enceinte thermostatique. Des prélèvements effectués à des intervalles de temps déterminés permettent de recueillir à chaque prise les particules de taille inférieure ou égale à un sédiment dont le diamètre équivalent est donné par la Loi de Stockes.

a) Etude «paramétrique» des granulométries

— A la Jonchère, commune de St-Jean d'Angle, sous une bosse de marais salant en cours d'arasement, un sondage a été effectué en 1970 à la tarière à main, puis repris en 1971 à la sonde Dachnowski. Il a traversé 7,50 m de bri avant de s'arrêter sur une couche de sables de teinte rouille à jaune, emballés dans une argile versicolore que l'on peut associer aux faciès transgressifs du Crétacé inférieur, affleurant dans les carrières voisines de St-Jean d'Angle.

L'analyse granulométrique a montré *(figure 192)*, au-dessus des sables argileux cénomaniens, quatre faciès : un faciès inférieur, jusque vers 4,00 m de profondeur, un faciès moyen (2,40 à 4,00 m) assurant la transition avec un faciès supérieur très fin, dont la médiane décroît progressivement vers le haut ; dans le bri des bosses, la médiane croît à nouveau vers le haut.

- à la base du sondage, une sédimentation très fine (médiane comprise entre 4 et 12 micromètres), des indices So de Trask compris entre 2,3 et 4 dénotent un sédiment moyennement classé, un milieu de sédimentation abrité, mais où quelques variations éphémères du niveau d'énergie ont pu faire apparaître des éléments moins fins. Cette série est interrompue, à 6,00 m de profondeur, par un sédiment bien classé (So=1,8) et légèrement moins fin (médiane à 18 micromètres) : niveau de schorre moins abrité, ou fond de chenal de marée.

- dans la partie moyenne, entre 4,00 m et 2,40 m de profondeur, deux stocks sédimentaires peuvent être distingués : le premier, entre 3,60 et 4,00 m est caractérisé par une médiane de 15 à 20 micromètres et un So voisin de 2,5 (1,9 à 2,9) ; le second, de 3,40 à 2,40 m retrouve des médianes faibles (décroissantes vers le haut de 4,7 à 2,9 micromètres) et des indices de classement assez forts (So variant de 2,6 à 4,9). On peut formuler l'hypothèse qu'à un milieu de type slikke, relativement exposé où les sédiments peuvent être assez bien classés succède un schorre mieux abrité où le dépôt de sédiments fins, moins bien classés est favorisé.

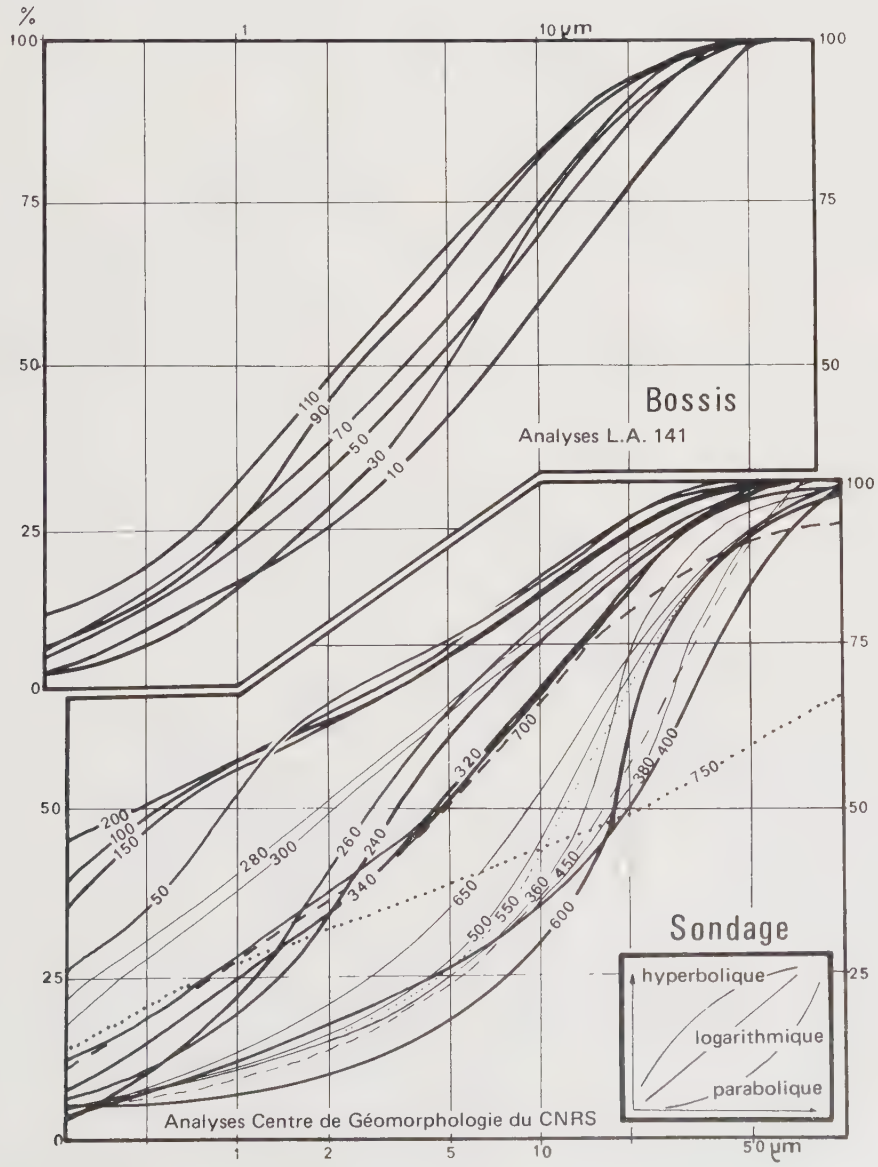


Figure 192 :
Familles de courbes granulométriques à La Jonchère, St-Jean d'Angle

- dans la partie supérieure (après une interruption vers 240-260* où le classement paraît meilleur), s'affirme une sédimentation très fine (médiane inférieure à 1 micromètre, troisième quartile voisin de 0,8 à 1 micromètre). Cette sédimentation témoigne d'un milieu très abrité, visité par des eaux calmes, déjà largement décantées et n'ayant plus guère que des éléments ultra-fins en suspension : impression d'un milieu de sédimentation de type lagunaire, éloigné de la mer, qui se colmaterait au rythme même de la remontée du niveau marin (?).

- le bri du bossis est différent du bri supérieur : la médiane est voisine de 2 à 7 micromètres et le classement voisin de 3. Avec l'ambiance de sédimentation très peu agitée qui est celle du bri «supérieur», la rupture est nette, comme si pour l'érection de ce bossis, on n'avait utilisé qu'une couche très superficielle de bri dont la granulométrie serait proche de celle du niveau 340, ou prélevé dans le chenal de marée voisin, où une relative agitation s'opposait au dépôt d'éléments trop fins. Un autre caractère du bri de ce bossis est que la croissance des médianes vers la partie supérieure est interrompue au niveau - 0,3 m comme s'il avait été enrichi en éléments «grossiers» par un début de lessivage dû à la pédogenèse. Les courbes représentatives de la partie supérieure (- 0,1 et - 0,3 m) semblent appauvries en éléments de taille inférieure à 1 ou 2 micromètres si on les compare aux autres courbes du bossis ; ce lessivage des ultra-fins, dû sans doute à la pédogenèse, s'observe dès 0,50 m sous le niveau du marais où les particules de diamètre équivalent 0,5 micromètre présentent un déficit de près de 17 % par rapport à la courbe granulométrique du niveau 2,00 m.

Les 14 échantillons du sondage de Luez, à Genouillé, répartis sur 7,40 m montrent eux aussi quatre faciès granulométriques *(figure 193)*.

- un bri fin de 6,90 à 5,40 m (médiane proche de 6 micromètres, So croissant de 2,2 à 3,6)
- un bri assez grossier entre 4,90 et 4,40 m (médiane entre 8 et 10 micromètres, So variant de 2 à 4,2)

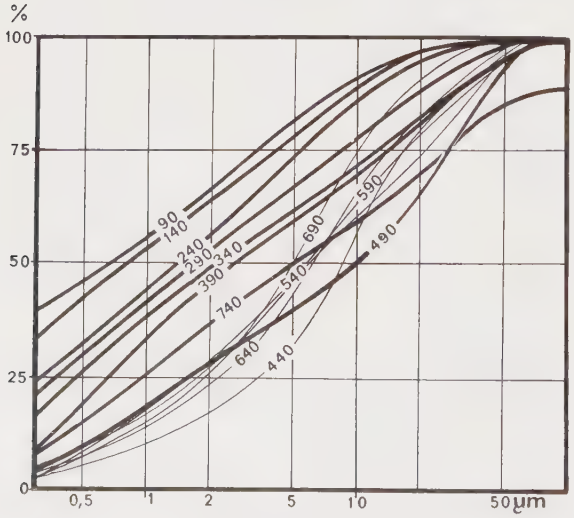


Figure 193 :
Courbes granulométriques du sondage de Luez, à Genouillé

- un bri très fin de 3,90 m à 2,40 m (médiane voisine de 2 micromètres, So proche de 4 à 5)
- un bri ultra-fin au-dessus, la médiane n'atteignant pas un micromètre.

Les caractères du bri de St-Jean d'Angle se retrouvent donc dans ce sondage (qui n'a toutefois pas atteint le plancher rocheux à 7,40 m de profondeur) : présence de bri assez «grossier» à la base (médiane supérieure à 5,6 micromètes), jusque vers - 3,60 m à St-Jean, 4,40 m à Luez), surmonté par un bri fin, puis par un bri ultra-fin au-dessus de 2,40 m.

Une exploration sédimentologique rapide (1 échantillon par mètre) du sondage de la Cabane de la Groie, à Genouillé, a montré que l'horizon supérieur (1,80 m) est relativement grossier, avec une médiane supérieure à 15 micromètres : l'existence d'un chenal de marée est sans doute à l'origine de cette différenciation *(figure 208 page 306)*. Par contre les horizons profonds présentent des affinités certaines avec le bri de Luez et de Saint-Jean d'Angle.

b) Analyses des granulométries, voie globale

Ces hypothèses partielles sont fondées sur l'utilisation du seul paramètre central qu'est la médiane et de l'indice So de Trask. La prise en considération de l'ensemble du spectre granulométrique et non pas d'une partie (50 % dans le cas précédent) est susceptible d'apporter des renseignements intéressants (J. TRICART, 1965 ; J.P. PINOT, 1965).

Dès lors, trois voies de recherche peuvent être empruntées : une voie graphique (J. TRICART, 1959, 1965), une voie paramétrique, les paramètres étant établis à partir de la courbe complète selon les méthodes du Laboratoire de Sédimentologie d'Orsay (A. RIVIERE, 1952, 1977 ; L.R. LAFOND, 1967), une voie mathématique, employant l'analyse des correspondances ou les méthodes de classification hiérarchiques (J.P. BENZECRI et *alii* , 1973 ; J.M. MONGET, 1974 a...). Ces différentes voies seront explorées à propos de sondages effectués dans le bri charentais.

- Le bri du sondage de Vide Bouteille *(figure 194)*

Le sondage de Vide Bouteille, commune de Breuil Magné a été effectué en 1971 à la sonde Dachnowski** et prolongé jusqu'à 5,80 m dans le bri sans atteindre le substratum ; au Grand Moindreau, à 2 km en aval, le substratum est situé à 8,3 m sous la surface du marais.

Les analyses granulométriques*** montrent 4 types de courbes :

- des courbes rectilignes, pour les sédiments superficiels (60 à 200 cm de profondeur), fins (médiane comprise entre 1 et 2,5 micromètres), assez mal classés (So compris entre 3 et 5) : il s'agit de dépôts effectués en vrac, en milieu relativement calme.

* Les nombres de 3 chiffres, sans unité, désignent les profondeurs, exprimées en cm, à partir du niveau du sol du marais.
** En compagnie de J.L. REGRAIN.
*** Analyses réalisées au Centre de Géomorphologie de Caen.

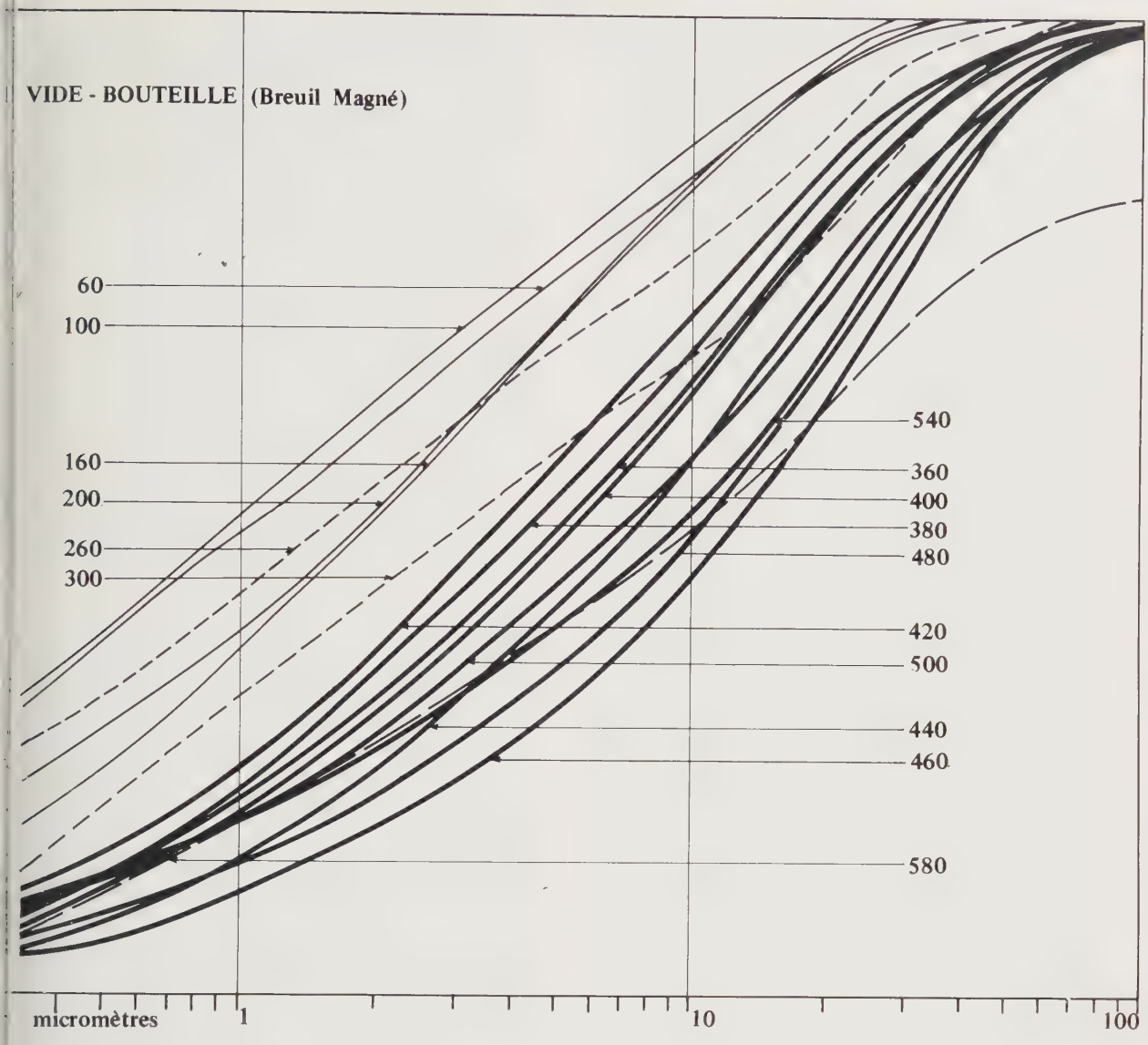


Figure 194 :

Courbes granulométriques du sondage de Vide Bouteille, à Breuil Magné

- des courbes en forme de s, sigmoïdes selon J. TRICART (1965, p. 374) caractérisent le bri entre 360 et 560 cm de profondeur ; leur médiane varie entre 4 et 14 micromètres, la partie supérieure (360 - 420) étant plus fine que la partie profonde (440 - 560) dont la médiane dépasse 8 micromètres. Ce bri a pu être mis en place par accumulation libre, dans un chenal de marée par exemple.

- les courbes à 260 et 300 cm de profondeur présentent des affinités avec les sédiments superposés pour les éléments fins, avec les sédiments sous-jacents pour les éléments moins fins ; elles marquent donc un passage progressif de l'un à l'autre régime de sédimentation.

- la courbe 580 est de forme nettement parabolique pour les éléments fins et hyperbolique pour les éléments grossiers. Elle marque donc un milieu de sédimentation plus agité : peut-être témoigne-t-elle de l'axe d'un paléochenal de Liron, passant entre la Lance et Breuil-Magné ? *(cf p. 181 et 182).*

Les analyses granulométriques permettent donc de mettre en évidence l'existence d'un faciès de bri plus fin pour les 2 mètres supérieurs, reposant sur un «bri grossier». Ces deux faciès sont caractérisés l'un par des courbes rectilignes, l'autre par des courbes évoluant vers des faciès davantage paraboliques.

- Le bri des marais de Luez, à Genouillé *(figure 193)*

Familles de courbes

Les courbes représentatives du sondage de Luez appartiennent à trois types :

- des courbes rectilignes, dites logarithmiques par J. TRICART (1965, p. 372) à 90, 140, 240, 290, 340 et 740 cm.

- des courbes hyperboliques (A. RIVIERE, 1952) avec de forts pourcentages d'éléments grossiers (440, 640, 690) mais ayant tendance à devenir sigmoïdes (J. TRICART, 1965, p. 574).

- des courbes intermédiaires, logarithmiques pour les particules fines et hyperboliques pour les grossières (490-540) ou logarithmiques avec une légère tendance parabolique pour les éléments dont la taille est voisine de 2 micromètres (390).

Les courbes de type logarithmique, caractéristiques des sédiments fins (L.R. LAFOND, 1967, F. VERGER, 1968, p. 222), correspondent à des conditions de dépôt par excès de charge de sédiments évolués, lorsque la compétence du courant transporteur diminue brutalement. A partir de ce schéma explicatif, les courbes présentent deux types de variations :

- un départ des éléments fins, par remise en suspension, percolation (ou lessivage ?), qui se manifeste au niveau 390 autour de 2 micromètres.

- en enrichissement relatif en éléments fins (440, 640, 690) qui peut provenir d'un excès de sédimentation fine (situation très abritée).

- un enrichissement relatif - et mesuré - en éléments grossiers (10 à 30 micromètres) au niveau 490 ; un phénomène du même genre semble caractériser le niveau 540.

La prise en compte de l'ensemble du spectre granulométrique permet donc de mettre en évidence deux, voire trois familles de courbes pour ce sondage, et de fournir un schéma d'explication dynamique qui précise ce que l'étude paramétrique laissait entrevoir : une sédimentation «en vrac» de type wadden caractérisant la base et surtout les horizons supérieurs, a été modifiée à plusieurs reprises soit par un enrichissement relatif en éléments grossiers (490, 540) (milieu de plus forte énergie) soit par un enrichissement absolu en éléments fins, à la base (640, 690) et au milieu du sondage (440).

Cet examen permet en particulier de distinguer les sédiments «grossiers» des niveaux 490 et 440, dont les médianes sont proches mais dont la signification dynamique est différente.

Classification ascendante hiérarchique

Si la voie graphique permet d'apporter des compléments à l'étude paramétrique du bri, on peut encore affiner l'analyse en opérant une classification ascendante hiérarchique de l'ensemble du spectre granulométrique, cas particulier de l'analyse des données (J.P. BENZECRI, 1973 ; E. DIDAY, L. LEBART, 1977).

Les résultats expérimentaux, exprimés en fréquences élémentaires, sont traités par le programme de classification ascendante hiérarchique employant la distance du Chi-deux * . Le principe du traitement, classique en géographie (CHADULE, 1974, pp. 172-178) est décrit par P. CAZES (in D. MAITI et Y.F. THOMAS, 1975, pp. 50-55) : la méthode permet «étant donné un ensemble I d'individus pour lesquels on sait mesurer la distance entre deux individus i et i', de répartir ces individus dans des classes - ou sous-ensembles - de telle sorte que deux individus appartenant à une même classe se ressemblent davantage que deux individus appartenant à deux classes différentes». La classification (ou agrégation) s'effectue pas à pas, de manière inductive : à partir de n individus (n classes), à chaque pas, on agrège les classes les plus proches. La classification ainsi obtenue dépend en partie de la mesure de la distance retenue

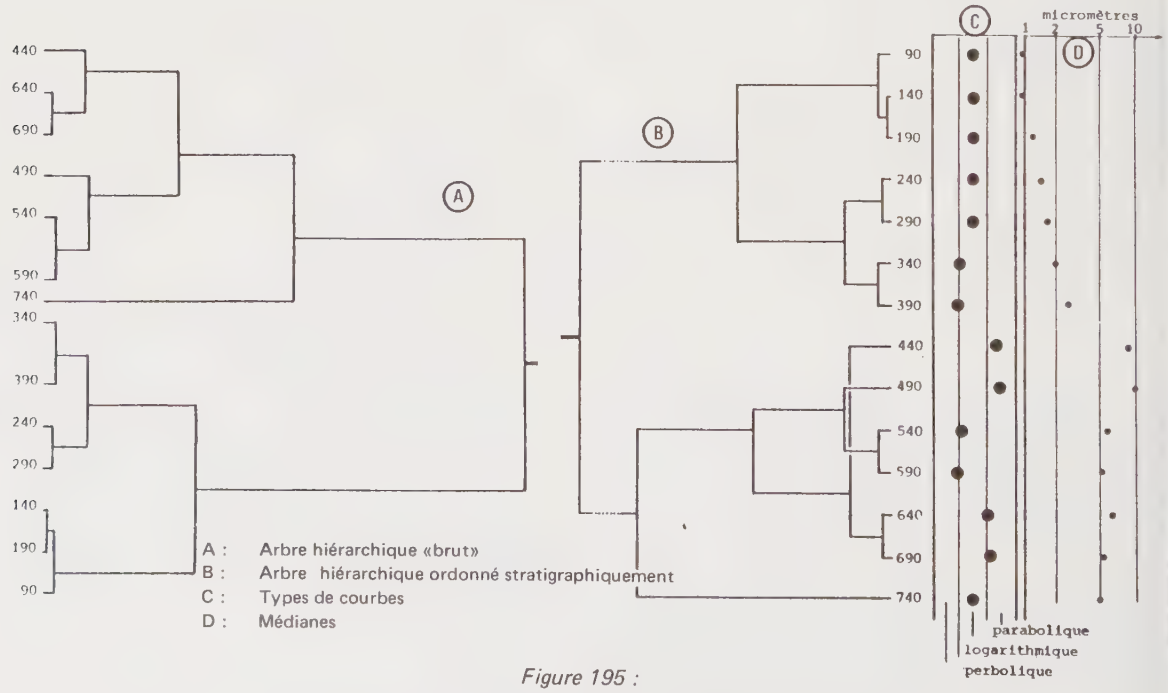


Figure 195 :

Pertinence de la classification ascendante hiérarchique pour l'analyse des résultats granulométriques du sondage de Luez, à Genouillé

* Programme écrit par M. Michel JAMBU, Laboratoire de Statistique Mathématique de l'Université Pierre et Marie Curie (Paris VI), sous la responsabilité de M. le Professeur J.P. BENZECRI.

(J.C. CHEVAILLER, 1974) ; le choix de la distance du Chi-deux ou distance ultramétrique, mesurée par la variance, a l'avantage de permettre la comparaison avec les résultats de l'analyse factorielle des correspondances.

Les résultats de la classification sont portés sur un «arbre hiérarchique» ou dendrogramme *(figure 195 A)* : les échantillons sont regroupés suivant leur distribution mesurée par la distance du Chi-deux, les classes réunies à chaque «niveau hiérarchique»*. Sur la *figure 195 B*, les échantillons ont été replacés dans l'ordre de sédimentation, pour permettre de comparer cette méthode de classification aux analyses graphiques (195 C) et paramétriques (195 D) réalisées sur ces mêmes échantillons.

Cette classification fait apparaître deux familles sédimentaires principales de part et d'autre du niveau 390 : on retrouve le bri «ultra-fin» du sommet, caractérisé par ses courbes logarithmiques «pures» et le bri inférieur, moins fin, dont les courbes cumulatives appartiennent à des familles moins homogènes.

Dans le bri supérieur, les échantillons présentent des spectres quasi identiques ; dès le «niveau 4», il n'y a plus que trois ensembles, alors que l'unité n'apparaît qu'au «niveau 37».*

Dans la partie inférieure du sondage, les contrastes sont plus accusés : les échantillons 440 et 490 par exemple, ne sont réunis qu'au «niveau 33», alors que dès le «niveau 11», ils sont réunis à des groupes stratigraphiquement voisins. Enfin, l'échantillon 740 montre son originalité, car il faut atteindre le «niveau 61» pour qu'il puisse être rapproché du groupe des échantillons inférieurs.

Cette classification, comparée à l'étude graphique des courbes, permet de montrer que la zone 490-540-590 appartient à une même unité, celle de courbes logarithmiques présentant un enrichissement relatif en éléments «grossiers», de taille supérieure à 5 - 10 micromètres, résultant d'un départ des éléments fins d'autant plus important que l'échantillon est plus superficiel (de 590 à 490) ; ce phénomène peut être l'indice soit d'un arrêt de sédimentation à 490 avec évolution de type pédologique, soit d'une phase d'énergie croissante de 590 à 490 (installation d'un chenal ou époque de remontée plus rapide du niveau marin) ; ces deux phénomènes peuvent d'ailleurs se succéder et ajouter leurs effets dans le cas d'un relèvement brutal et de courte durée du niveau marin. La mise en évidence d'une unité sédimentaire qui n'apparaissait pas nettement au vu des courbes est sans doute l'apport le plus important de cette méthode.

Pour ce sondage, la *figure 195* rassemble les phénomènes mis en évidence par les différentes méthodes d'analyse employées.

On observera que si l'analyse paramétrique permettait de mettre en évidence les 3 ou 4 premiers niveaux de la hiérarchie : bri grossier ou très fin, bri grossier, fin, très fin, ultra-fin, l'analyse mathématique et l'analyse graphique donnent des résultats voisins. Si les regroupements sont plus nets avec l'analyse mathématique qu'avec l'analyse graphique, c'est parce que de nombreuses courbes présentent des tracés mixtes associant des fragments de courbes types : ainsi les courbes en S qui apparaissent ici à 440, 640, 690, pour lesquelles selon J. TRICART (1965, p. 375) les paramètres statistiques sont particulièrement pertinents ; les courbes 390, 490, 540, 590 d'autre part présentant quelques irrégularités par rapport aux courbes logarithmiques : l'analyse mathématique y montre deux familles nettement séparées 390 et 490, 540, 590. L'analyse mathématique permet principalement de progresser dans les niveaux hiérarchiques et de montrer les affinités du spectre granulométrique de sédiments voisins : elle représente donc un progrès par rapport à l'analyse graphique.

- Le bri du sondage de La Jonchère
(figure 192, supra)

Familles de courbes

Deux familles principales de courbes, logarithmiques et hyperboliques de part et d'autre de 340 - 360 cm apparaissent dans le sondage de la Jonchère et présentent chacune deux nuances : faciès logarithmiques entre 50 et 340, avec faciès de transition rectiligne-hyperbolique vers 240 - 260 ; des faciès paraboliques à 380, 400, 450, 500, 550, 650, interrompus par des faciès du type sigmoide de J. TRICART à 360 et 600. A côté de ces populations, le sable argileux du fond (750) appartient à un tout autre monde, mais son caractère logarithmique montre qu'il s'agit aussi d'un dépôt en vrac, comme on s'attend à en trouver dans les séries trangressives ou deltaïques (A. DESPRAIRIES, 1962 ; A. RIVIERE, 1977); les sables du Crétacé inférieur de Saint-Jean d'Angle, présentent ces courbes logarithmiques à très mauvais classement (So voisin de 3) dans la carrière de Bourg - Nouveau.

Les faciès logarithmiques se poursuivent dans le bri constituant la digue : c'est donc que ce faciès caractérise la sédimentation très récente dans ces régions (jusque vers le XIIIème siècle) , où il subit un enrichissement relatif progressif en éléments grossiers. Le bri ultra-fin du sommet (médiale inférieure à 1 micromètre) entre 50 et 200 cm de profondeur représente un faciès particulier, logarithmique avec une tendance à devenir hyperbolique vers les ultra-fins, preuve d'une sédimentation fine issue de suspensions diluées, comme les vases des mangroves de l'Ikoy dans l'estuaire du Gabon (L.R. LAFOND, 1967, p. 310) où le sédiment hyperbolique (est) pur, très évolué. On notera une évolution parabolique au niveau 90 , avec déficit des éléments fins alors que le reste de la courbe reste identique aux courbes des deux premiers mètres ; cette évolution provient sans doute d'un début de pédogenèse. Les faciès paraboliques inférieurs dénotent des processus de sédimentation par excès de charge. En profondeur, le bri évolue vers des formes sub-logarithmiques (vers - 240 à - 280 cm) ; une discontinuité importante isole les courbes hyperboliques, entre 340 cm et 360 cm .

La prise en considération de l'ensemble des courbes granulométriques et non pas de la seule fraction centrale permet ainsi de remonter jusqu'aux conditions dynamiques mêmes du dépôt : ces méthodes qualitatives d'analyse peuvent être perfectionnées, soit par l'analyse des correspondances effectuée sur l'ensemble des résultats expérimentaux, soit en utilisant les conceptions mathématiques et sédimentologiques de A. RIVIERE (1952 à 1977).

* on désigne par «niveau» la distance, évaluée sur le graphique, entre l'échantillon et la ligne qui le réunit à un autre échantillon ou à un groupe d'échantillons.

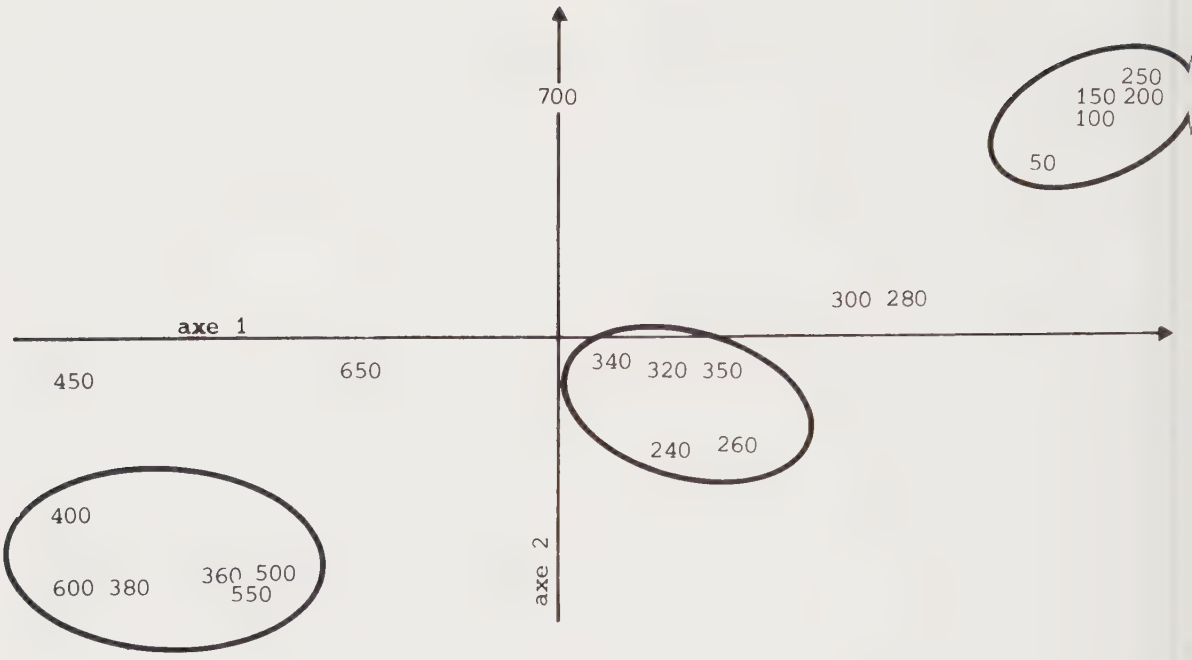


Figure 196 :
Le bri de St-Jean d'Angle, analyse des correspondances

*Analyse des correspondances**

L'analyse des correspondances indique que les données représentatives des échantillons se répartissent en un nuage à n dimensions dans lequel 84 % de l'information est exprimée par 3 axes, et 70 % par 2 axes, soulignant ainsi l'homogénéité du bri de ce sondage (qui serait encore bien plus grande si l'analyse n'avait pas pris en compte le niveau 750).

Deux groupes principaux apparaissent sur la *figure 196 :* les sédiments «logarithmiques» au-dessus de l'axe 2, les sédiments «paraboliques» au-dessous.

La coupure apparaissant à 350, il est possible de repérer dans la première famille quatre groupes 320, 340, 350 ; 240-260 ; 280-300 et 50, 150, 200 correspondant à des sédiments de plus en plus fins et trois groupes dans la partie inférieure : 450 et 650 ; 400 ; 360, 380, 500, 550, 600. : l'axe 1 désigne donc la taille des sédiments par l'intermédiaire du paramètre central qu'est le mode : pour les échantillons 450 et 600, dont les faciès paraboliques sont les plus accusés, le classement par le mode mis en évidence par l'analyse des correspondances est légèrement différent du classement par la médiane que montrent les courbes de la *figure 192.*

L'axe 2 paraît classer les échantillons en fonction de leur écart à une distribution logarithmique pure, négatif pour les faciès à affinités paraboliques, positif pour les faciès à affinités hyperboliques.

L'analyse des correspondances, sur ce cas précis, ne semble donc pas apporter d'informations nouvelles : elle confirme les hypothèses faites lors de l'examen des courbes granulométriques.

Paramètres granulométriques A. RIVIERE

Entre 1952 et 1978, le Laboratoire de Sédimentologie d'Orsay a mis au point une série d'indices prenant en compte l'ensemble des courbes granulométriques. L'indice *n*, appelé indice d'évolution (A. RIVIERE, 1952) a été employé, surtout depuis qu'on peut l'établir à partir des tangentes à la courbe cumulative (A. DESPRAIRIES, 1962). Des travaux récents (A. RIVIERE, S. VERNHET, 1975) ont montré que l'indice $n \simeq N - 1$ permet d'évaluer en quelque sorte ce que les sédimentologistes conviennent d'appeler *l'énergie* du milieu de sédimentation (p. 1815). Les valeurs de l'indice N pour le sondage de St-Jean d'Angle sont les suivantes *(tableau 46) :*

profondeur	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650
5-10 µm	0,8	0,7	1,5	0,8	2	1,2	1,0	1,0	-1,0	3	2,8	3,2	1,0
$\simeq$ 1 µm	3,6	1,9	2,6	0	0,6	1,8	2	0	2,5	2	1,8	2	2

Tableau 46 :
Valeurs de l'indice N pour les éléments fins du bri de St-Jean d'Angle

* Le programme d'analyse factorielle des correspondances de TABET, mis au point au Laboratoire de Statistique de l'Université Pierre et Marie Curie, Paris VI, sous la responsabilité de Monsieur le Professeur J.P. BENZECRI, a été utilisé.

Les parties moyennes et grossières du sédiment montrent donc deux ensembles homogènes entre 500 et 600 : (sédiments fortement évolués, N supérieur à 2), et entre 300 et 450 (N voisin de 1), déposés dans des conditions d'énergie décroissantes, avec une rupture entre 450 et 500. A la partie supérieure du sondage, les conditions d'énergie sont beaucoup plus variables, comme si le milieu de sédimentation était alternativement abrité et ouvert : des divagations du tracé d'un chenal de marée pourraient expliquer ce fait.

A. RIVIERE et S. VERNHET (1975, p. 1813) affirment que «contrairement à une opinion répandue, la granulométrie des sédiments les plus fins peut être hautement significative des conditions de transport». Dans cette hypothèse, la base du sondage, pour la fraction encadrant les valeurs de 1 à 2 micromètres, indique des conditions de mise en place caractérisées par une assez forte énergie, de 650 à 300, mais interrompue au niveau 400 ; une période de calme s'affirme ensuite vers 200–250, et l'agitation reprend à la partie supérieure. L'estimation des indices de maturation Ma (Ma = N - Nc) différence entre N et Nc obtenue par la formule $Nc = 0{,}343\ \overline{X} - 0{,}825$, où $\overline{X}$ est le logarithme du grain moyen de la fraction granulométrique considérée (S. VERNHET, A. RIVIERE, 1976, p. 148) montre de la même façon des indices Ma supérieurs à 2,5 pour l'ensemble du sondage, sauf à 400 et entre 200 et 300. Dans la mesure où Ma caractérise «l'excès d'énergie du milieu par rapport à celle strictement nécessaire pour assurer la mise en place d'un sédiment de même granulométrie moyenne» (id), ses fortes valeurs témoignent d'un milieu à forte énergie, donc ouvert aux influences marines, alors que les faibles valeurs (niveaux 200 à 300 et 400) indiquent un équilibre entre l'énergie disponible et le «travail» effectué (dépôt).

Ainsi, les indices granulométriques de A. RIVIERE permettent-ils de mettre en évidence :

- 2 phases sédimentaires de part et d'autre des niveaux 300 à 400.
- 2 époques d'énergie dans le milieu de sédimentation
  - faible énergie vers 200 et 400
  - excès d'énergie aux autres niveaux.

Pour le sondage de St-Jean d'Angle, les différentes caractéristiques mises en évidence au cours du commentaire montrent deux ensembles granulométriques aux limites progressives. La limite de ces ensembles est la même que l'on utilise l'analyse des correspondances ou l'analyse graphique : 350 ; l'une et l'autre indiquent les mêmes familles de courbes. Les méthodes paramétriques (Md, So, N) disposent cette coupure dans la zone 300-400, qui apparaît comme une zone de transition : on s'attend donc à y identifier des conditions de mise en place assez variées, ce qu'expriment les formes des courbes et les variations de tous les paramètres, en particulier N. Chacun de ces ensembles peut être ainsi caractérisé :

• un ensemble inférieur de bri assez grossier : la médiane varie de 5 à 20 micromètres, assez mal classé (So supérieur à 2), à faciès parabolique, déposé en vrac lorsque la compétence du fluide transporteur décroît, avec des indices d'évolution et de maturité assez importants, dénotant un excès d'énergie dans le milieu et donc des reprises possibles ; ceci caractérise les «dépôts levigés par ruissellement mais surtout les sédiments des zones littorales de faible profondeur» (S. VERNHET, A. RIVIERE, 1976, p. 147-148).

• un ensemble supérieur, éléments fins à ultra-fins, avec des médianes inférieures à 5 micromètres et souvent voisines de 1 micromètre, témoignant d'une période de calme à laquelle succède une légère reprise de l'agitation, marquée par une augmentation de l'indice d'évolution.

Les méthodes d'analyse granulométriques et les techniques de traitement des données permettent de montrer que le bri présente deux faciès principaux superposés, dans lesquels il est possible de mettre en évidence bien des nuances se succédant progressivement. Ces deux faciès principaux sont troublés çà et là par des lits de granulométrie différente dus à des changements dans l'énergie du milieu de sédimentation. Changements liés, par exemple, à l'existence d'un fond de chenal (Vide-Bouteille, Cabane de la Groie), ou à des phénomènes d'évolution pédologique lorsqu'une émersion peut être soupçonnée (niveaux plus résistants de la Jonchère, par exemple).

Les analyses montrent que le bri déposé le plus récemment est plus fin, en moyenne, que le bri ancien ; c'est donc que le milieu de sédimentation est devenu plus calme en fin de période. Ce phénomène concorde assez bien avec la sédimentation sur les slikkes et les schorres, de plus en plus fine au fur et à mesure que la tranche d'eau apportant les sédiments est de moins en moins épaisse et agitée par les courants ; une remontée progressive du niveau des pleines mers pourrait aussi rendre compte de ce phénomène. Ce changement de rythme s'observant vers 200 à 300 cm de profondeur à la Jonchère comme à Vide-Bouteille, situés à moins de 1 km du coteau, on peut supposer que les paysages des marais de Brouage et de Rochefort à proximité de ces sondages étaient alors comparables.

D'autre part, les faciès de bri brun, dit «bri récent» ne sont pas nettement différents, au sens granulométrique, des faciès de bri gris vert ou «ancien» (figure 197). Tout au plus, dans le marais de Brouage par exemple, les faciès de bri ancien paraissent-ils un peu plus riches en éléments ultra-fins, avec des médianes inférieures à 1 micromètre ; il peut cependant s'agir d'un cas particulier, le bri du marais de Brouage paraissant dans l'ensemble un peu plus fin que le bri du marais de Rochefort pour le mètre supérieur. Il est donc possible de souscrire aux conclusions de J. DUPUIS et col. 1969, D. GARNIER (1975) R. NIJS (1978) :les analyses granulométriques montrent que le bri ancien et le bri récent sont très voisins.

L'ensemble des résultats ainsi établis suggère que le bri est surtout un sédiment de fond remanié par différents courants de marée ou de houles, comme certains sédiments du précontinent (J.R. VANNEY, 1969 ; J.P. PINOT, 1974). Toutefois, la convergence de faciès entre ce type de sédiments et les sédiments de schorre ayant subi un début de pédogenèse explique sans doute la monotonie d'aspect du bri et son homogénéité sur de grandes épaisseurs.

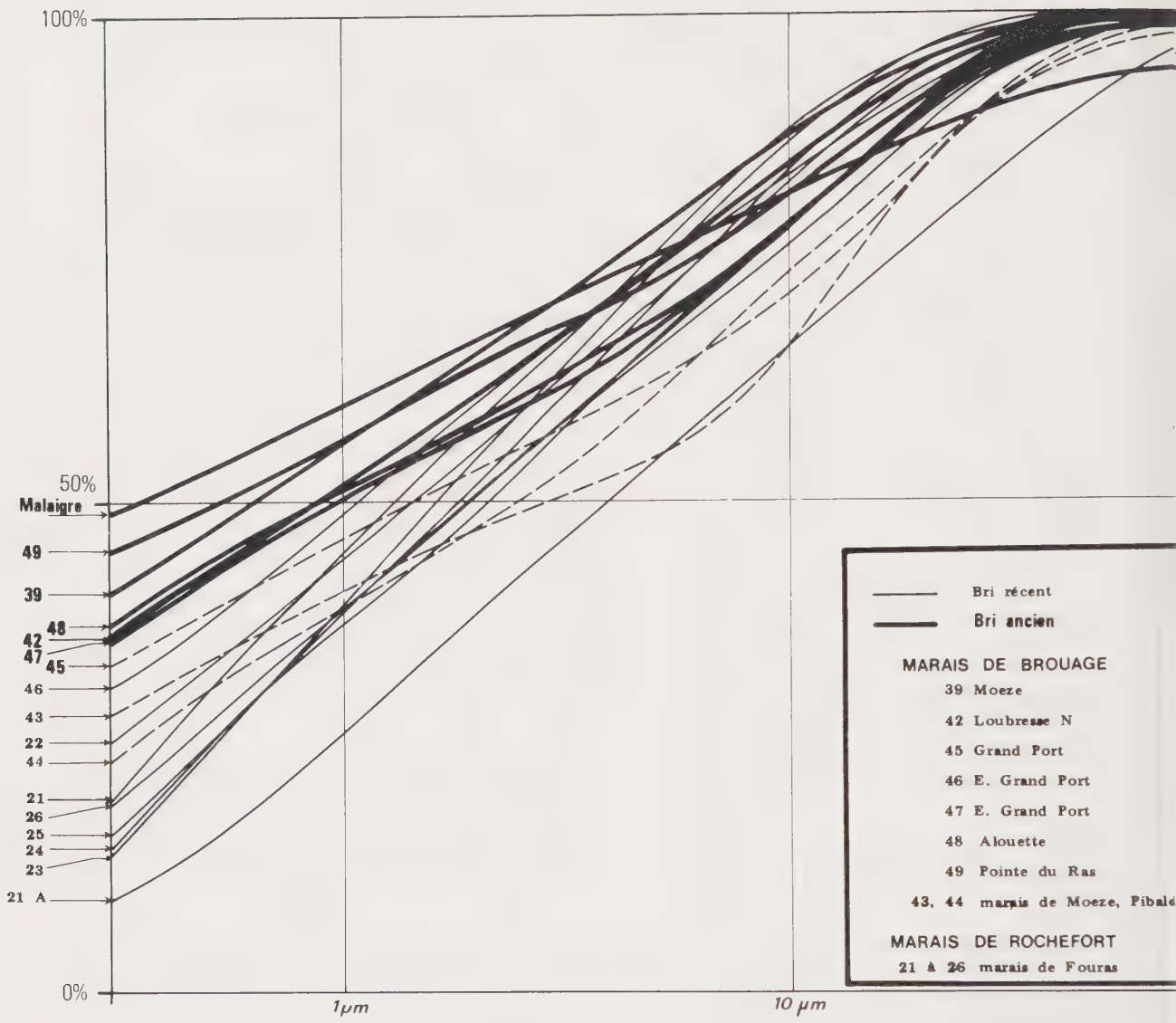


Figure 197 :

Courbes granulométriques du «bri ancien» et du «bri récent»

2 - L'origine du bri

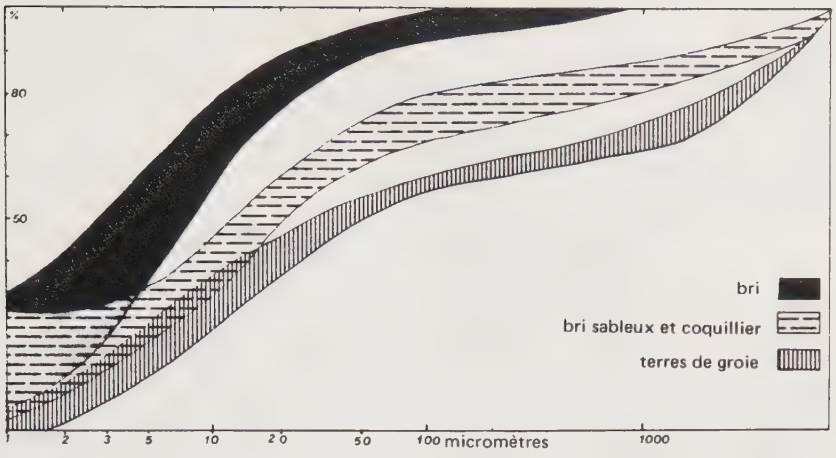
L'origine du bri est une des questions qui ont fait l'objet d'hypothèses et de recherches les plus variées. Pour H. ENJALBERT, (1960, p. 212), il s'agit de sédiments d'origine fluviatile, étalés sur la plateforme continentale lors des bas niveaux marins quaternaires, puis repris par la transgression flandrienne qui les a déposés au fond des baies abritées.

La comparaison des granulométries de 63 échantillons provenant de la Villeneuve des Salines *(figure 198)* suggèrerait que le bri présente une certaine parenté avec les éléments fins de formations superficielles de l'Aunis («sol de groie») ; mais les «sols de groie» sont beaucoup plus riches en éléments grossiers que le bri rochelais («sédiment gris bleu» et «gris vert»*). Sur ce diagramme, la présence d'échantillons de bri parmi les sols de groie s'explique par le fait que le niveau analysé correspond parfois à des «sols de groie» recouverts par le bri à la bordure du marais. Dans ce bri rochelais on retrouve les groupes granulométriques classiques, avec en particulier un bri fin (45 % de limons, 45 % d'argiles) et un bri grossier (plus de 80 % de limons) : les courbes granulométriques totales montrent bien ces trois groupes sédimentaires, dont la partie fine inférieure à 5 micromètres est en partie commune *(figure 198).*

a) Les minéraux argileux du bri

Plutôt que la granulométrie, c'est l'analyse des minéraux argileux qui est habituellement utilisée pour retrouver l'origine des sédiments littoraux. L.R. LAFOND et F. VERGER (1965) ont observé que les minéraux argileux de l'anse de l'Aiguillon se retrouvent dans les eaux ou le lit d'étiage des rivières affluentes ; le spectre des minéraux argileux est homogénéisé par bras-

* La liaison entre l'érosion des sols - d'origine anthropique et liée aux défrichements du Néolithique par exemple, selon une suggestion de A. CAILLEUX (1951, p. 306) - et la sédimentation dans les marais maritimes, trouve ici une illustration.



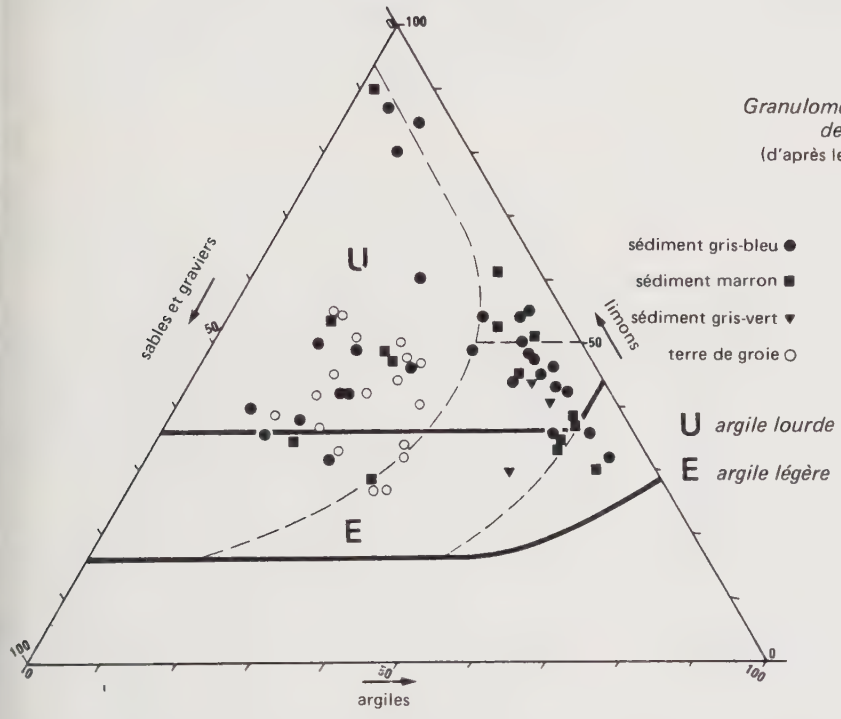


Figure 198 :
Granulométries des formations superficielles de La Villeneuve des Salines
(d'après les documents des Ponts et Chaussées)

sage marin et enrichi de minéraux extérieurs ; l'hypothèse de la reprise d'un matériel déposé lors du Pléistocène et peut-être aussi à l'époque actuelle pendant les crues, apparaît assez séduisante. D. GOULEAU (1975, p. 17) montre que le cortège argileux du Bassin de Marennes-Oléron et de l'estran de Piédemont se compose «d'illite, kaolinite, interstratifiés illite-montmorillonite ou complexes gonflants, traces de chlorite» ; R. FRIDMAN (1953, p. 2096) avait observé que ce cortège est proche de celui des marnes kimméridgiennes de la région de Chatelaillon.

R. NIJS (1975, p. 130) considère qu'il existe une parenté qualitative entre la composition minéralogique du bri et celle des alluvions récentes des rivières du même Marais Poitevin et qu'une fraction importante des masses énormes de «bri» doit provenir du remaniement récent de sédiments accumulés non loin en avant de la côte pendant les bas niveaux marins du Pléistocène, contemporains d'une forte érosion des marnes jurassiques du continent ; il attribue au bri «malgré son caractère marin, une origine (indirectement) continentale et locale».

b) Composition minéralogique des argiles du bri

Les analyses minéralogiques des échantillons de bri des Marais Charentais * montrent que le bri est une argile à forte teneur en illite (40 à 60 % en

* Les analyses de minéraux argileux ont été effectuées par le Centre de Géomorphologie du CNRS à Caen, sur la fraction inférieure à 2 micromètres (matière organique éliminée par l'eau oxygénée à 20 volumes), dispersée par le tripolyphosphate de sodium et saturée avec Mg^{++} et K^{+}. Les lames, réalisées par étalement, ont été analysées par diffractométrie des rayons X, sur un appareil Philips émettant sous 40 kV et 25 m A un rayonnement Kα Co. Les lames analysées, brutes, saturées à l'éthylène-glycol, chauffées à 520° C, ont permis d'identifier les minéraux argileux. «Les estimations des proportions relatives des différents minéraux argileux ont été effectuées uniquement par diffractométrie des rayons X : mesure des surfaces des raies de diffraction, corrigées selon la méthode de P.E. BISCAYE (1965, pp. 803-832). Les nombres obtenus doivent donc être utilisés avec prudence» (M. LE COUSTUMER, *in litteris*).

moyenne) et en smectites ou argiles gonflantes (16 à 40 %) avec de la kaolinite (12 à 25 %) et de la chlorite (5 à 20 %). On y rencontre des minéraux interstratifiés illite-montmorillonite dans le bri «ancien» (?) du marais de Rochefort occidental à la Petite Aiguille à Thairé (anal. J. DUCLOUX, in C. GABET, 1973 a p. 62) et dans le méandre de St-Laurent de la Prée (analyses INRA) : les interstratifiés ne semblent guère plus fréquents ici que dans le Marais Poitevin (F. VERGER, 1968, p. 130); le bri du Marais Poitevin (R. NIJS, 1975, p. 126, 132) présente des caractères voisins.

Le spectre des minéraux argileux semble varier spatialement (dans la mesure où des analyses effectuées, à différentes époques, peuvent être comparables), comme le montre le *tableau 47*

	St Jean d'Angle (0 - 700 cm)	Brouage *	Vallée de la Charente (170-740 cm) **	Marais de Voutron 0-100 cm	Marais de Muron 0-100cm	Luez 0-500cm	Marais de Rochefort ***
Nombre d'analyses	9	?	5	17	9	5	?
Illite	60	60	42,5	45	46	52	40
Smectites	20	30	22,5	41	40	16	20,30
Kaolinite Chlorite	20	10	35	14	14	32	30,40

Tableau 47

Répartition moyenne des minéraux argileux du bri des Marais Charentais

(Pourcentages obtenus par planimétrage des «pics» caractéristiques de chaque échantillon)

* J.P. PLATEL, P. MOREAU, 1977, p. 25 ; **J.F.VIDALIE,1977, p. 24, p. 30 ; ***B. BOURGUEIL, P. MOREAU, 1972, p. 15)

Si les fréquences de l'illite sont comparables, les smectites paraissent plus importantes dans le bassin de Rochefort que dans la vallée même de la Charente. C. LATOUCHE (1973, p. 217) remarque une augmentation du pourcentage de la montmorillonite dans le mètre supérieur du voile sédimentaire du plateau continental devant la Gironde ; A. MONACO (1971) observe des faits semblables au large de la Catalogne ; les analyses de J.F. VIDALIE (1977, p. 24) effectuées entre 1,70 et 7,40 m de profondeur montrent que ce phénomène se retrouve dans la vallée de la Charente.

Les sondages effectués dans les marais ne marquent cependant pas toujours une plus forte fréquence des smectites en surface. Au sondage de St-Jean d'Angle les smectites croissent de la base (5 %) jusque vers 320 cm (25 %) pour décroître ensuite brutalement : 3 % à 20 cm. (Le maximum à 120 cm est voisin des faibles fréquences des smectites bien cristallisées du marais de Rochefort). Par contre le sondage de Luez montre une légère augmentation des pourcentages de smectites à la partie supérieure.*

Localement, les smectites du bassin de Rochefort sont mal cristallisées, comme à la Cabane Pourrie et près du Port-à-l'Anglais (Loiré les Marais) dans le marais de Muron, près de la Cabane des Frênes, à Yves dans le marais de Voutron. Mais l'essentiel est que ces smectites sont très inégalement réparties comme le montre la *figure 199,* établie à partir d'analyses effectuées sur des échantillons prélevés à 1 m de profondeur dans le bri.

Dans les régions où les smectites dominent, l'étude par photographies aériennes infrarouge contrôlée sur le terrain a montré la présence d'anciens chenaux de marée : chenal de la Suze et de la Platière à Yves, chenal du marais Saint-Louis entre Rochefort et l'Ile d'Albe ainsi qu'entre Muron et Tonnay-Charente.

Les spectres de minéraux argileux obtenus dans les Marais Charentais montrent donc que le bri est un sédiment formé d'illite, de smectites, de kaolinite et de chlorite. On y trouve très rarement des interstratifiés, excepté dans quelques horizons supérieurs du bri gris vert («bri ancien») qui contiennent par ailleurs des minéraux amorphes.

Alors que les smectites bien cristallisées semblent plus abondantes dans les niveaux superficiels et dans les zones les plus récemment colmatées du marais de Rochefort comme de la plateforme continentale girondine, la sédimentation des parties internes du marais de Brouage se termine par des niveaux pauvres en smectites.

Le diagramme *figure 200* montre qu'il n'existe guère de différence minéralogique nette entre les argiles du bri ancien et du bri récent (sauf au niveau de la cristallinité des smectites). Les échantillons 77-02 (bri beige de la Cabane Pourrie, à Rochefort), 77-04 (bri beige de Muron) et 77-12 (bri beige de l'ancien chenal de la Suze, Yves) correspondent à des faciès de bri récent ; l'échantillon 77-01** (bri noirâtre de la Cabane Pourrie, - 40 cm), superposé au 77-02 est, lui aussi très récent, alors que les échantillons 77-10 (bri beige foncé des Grèves, à Loiré) et 77-25 (bri beige de la Cabane des Frênes, à Yves), l'un et l'autre surmontés d'un bri noirâtre compact, présentent des affinités avec le «bri ancien».

On peut sans doute étendre au bri charentais la conclusion de R. NIJS (1975, p. 128) et D. GARNIER (1975) sur l'homogénéité des minéraux argileux du bri

* Dans ce sondage analysé au L.A. 141, «la présence de (minéraux) amorphes est assez importante et a été bien mise en évidence par la méthode Mehra-Jackson ; après traitement, les pics sont beaucoup plus forts et l'identification des smectites beaucoup plus évidente : il n'y a donc pas d'interstratifiés» (LA. 141, in Litteris).

** Selon une remarque de J. DUPUIS et coll. (1965), une dégradation de la cristallinite de l'illite marquerait un début de pédogenèse ; il est possible que ce phénomène explique aussi la moins bonne cristallinité des smectites de l'échantillon 77-01.

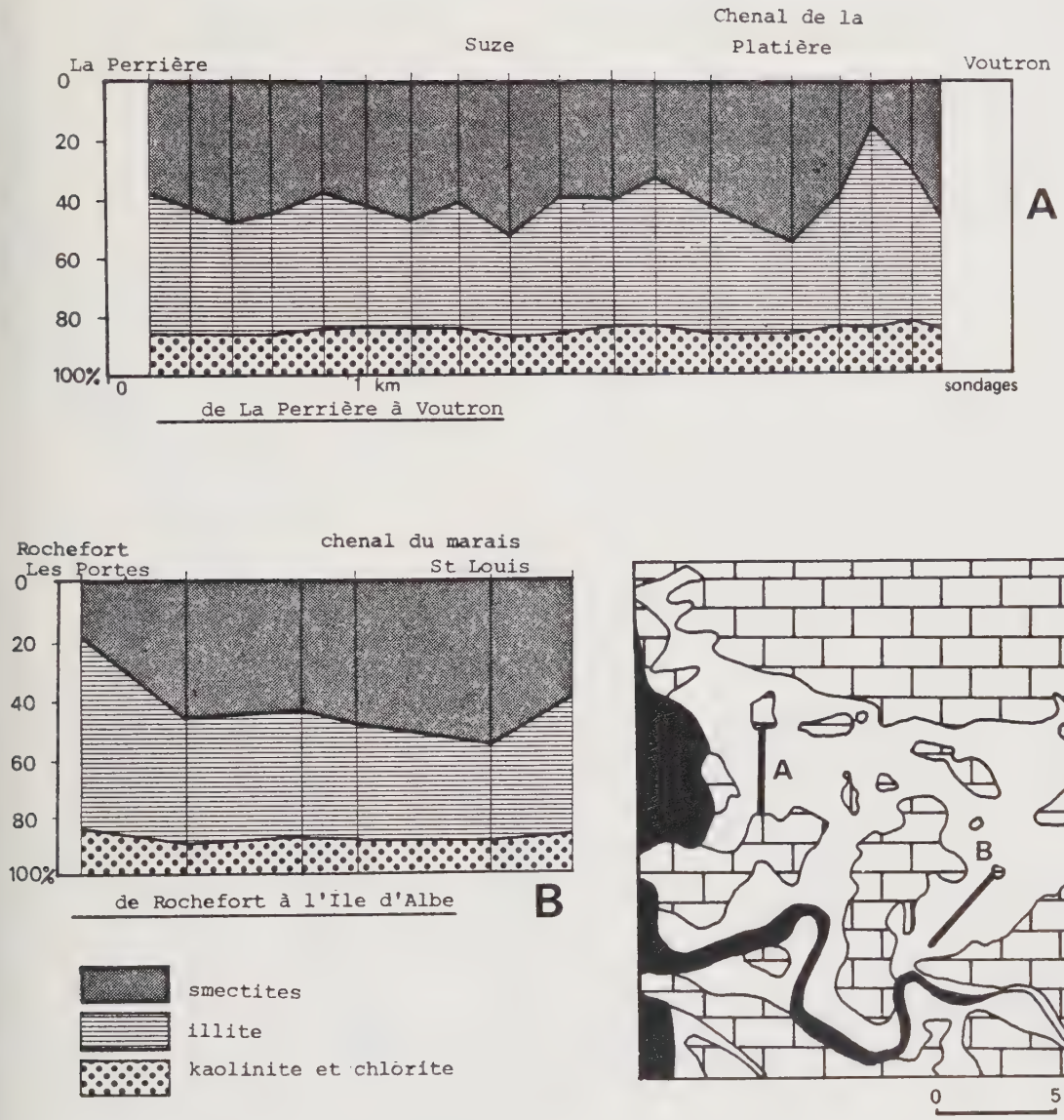


Figure 199 :
Les minéraux argileux du Marais de Rochefort, transects

du Marais Poitevin. Le faible nombre d'analyses qui ont pu être obtenues ne permet pas d'être affirmatif **.

c) Origine des argiles du bri

De nombreux spectres de minéraux argileux ont été réalisés, depuis quelques années, dans les régions voisines des Marais Charentais, Mer des Pertuis (M. POULIQUEN, 1975) et vallée de la Charente en particulier (J.F. VIDALIE, 1977, p. 24). La *figure 201* rassemble les résultats de ces analyses.

Les minéraux de la Mer des Pertuis se caractérisent par un fort pourcentage d'illite (45 à 50 %) dominant l'ensemble kaolinite - chlorite (environ 30 %) et les

** Vers les plus petits écarts réticulaires, 4 à 6 Angströms, après traitement au glycol, le bri ancien semble plus mal cristallisé que le bri récent.

smectites (20 à 25 %). Les argiles du Pertuis d'Antioche (gros points), les argiles de la Vasière Ouest-Gironde (cercles) et les argiles du Bassin de Marennes - Oléron (points), semblent plus riches en kaolinite et chlorite et moins riches en smectites que les argiles du marais de Rochefort. La filiation entre les argiles de la Mer des Pertuis et les argiles du marais de Rochefort ne paraît donc pas évidente, à moins que les smectites soient plus fréquentes dans les sédiments les plus fins et les plus récemment déposés * . Le bassin de Rochefort a pu jouer le rôle de bassin de sédimentation préférentielle des smectites : A. MONACO (1973, p. 221) indique que la présence de montmorillonite «dans les zones peu profondes à sédimentation massive, paraît déterminée par des processus physicochimiques de floculation différentielle... la montmorillonite, abondante en période de crue, floculerait préférentiellement avec le reste de la charge solide» ; B. GALENNE (1974, p. 831) observe des phénomènes semblables sur le précontinent ligérien. La persistance d'une large zone déprimée dans les marais de Muron (chenal du Marais Saint-Louis) aurait pu favoriser ce phénomène. Les argiles déposées en dehors des crues, enrichies en illite sur la plateforme continentale furent refoulées ensuite par la transgression dans le même golfe de Rochefort, et mélangées aux dépôts de type crue : cette hypothèse rendrait compte de la composition différente des argiles à Saintes, Rochefort, Muron et Voutron *(tableau 48)*.

C. LATOUCHE (1973, p. 216) a utilisé le rapport complexe gonflant/illite pour mettre en évidence les apports sédimentaires de la Gironde sur le plateau continental. Complétées pour les marais *(figure 202)*, les valeurs de ce rapport sont les mêmes sur l'amont Gironde et dans le marais de Rochefort, sur l'aval Gironde et dans l'estuaire de la Charente, sur le delta sous marin, dans le Coureau d'Oléron et dans le marais de Brouage. La sédimentation préférentielle des smectites dans le bassin de Rochefort peut résulter d'une particulière richesse des terrains drainés, comme R. NIJS (1975, p. 28) l'a observé pour les vallées tributaires du Marais Poitevin : les analyses de J. DELFAUD et J. GAUTHIER (1968, p. 358) indiquent des dominances de la kaolinite puis de l'illite dans le Jurassique, mais la montmorillonite est abondante dans les marnes du Portlandien (J.P. PLATEL, P. MOREAU, 1977, p. 8) dans les argiles du Cénomanien inférieur et du Campanien largement représentés dans le bassin de la Charente et les dépôts tertiaires. De plus, les alluvions de la Charente près de Saintes (sondages autoroute A 10) sont un peu plus riches en montmorillonite (36 %) qu'en illite (34 %).

Ces conclusions rejoignent la théorie établie dans l'estuaire de la Gironde (M. VIGNEAUX et *alii*, 1972) : avant que l'estuaire n'atteigne «vis à vis du niveau marin... son stade de maturité actuel», la plateforme continentale reçoit relativement peu de smectites : les smectites se déposent plus en amont, alors même que le niveau marin s'élève. Lorsque le «stade de maturité» de l'estuaire est atteint, c'est-à-dire lorsque les courants conservent suffisamment d'énergie pour limiter la sédimentation dans l'estuaire même, l'alimentation de la plateforme continentale en smectites reprend (C. LATOUCHE, M. PARRA 1970 ; M. PARRA, 1978) et

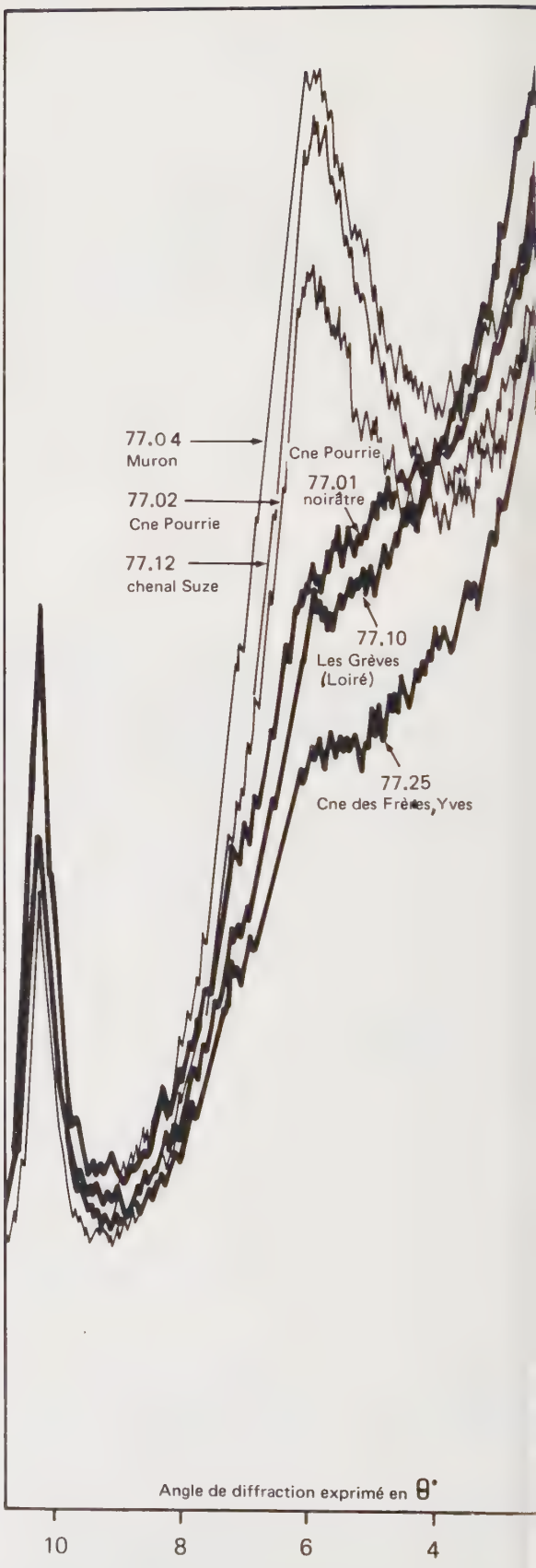


Figure 200 :

Diffractogrammes d'argiles du Marais de Rochefort

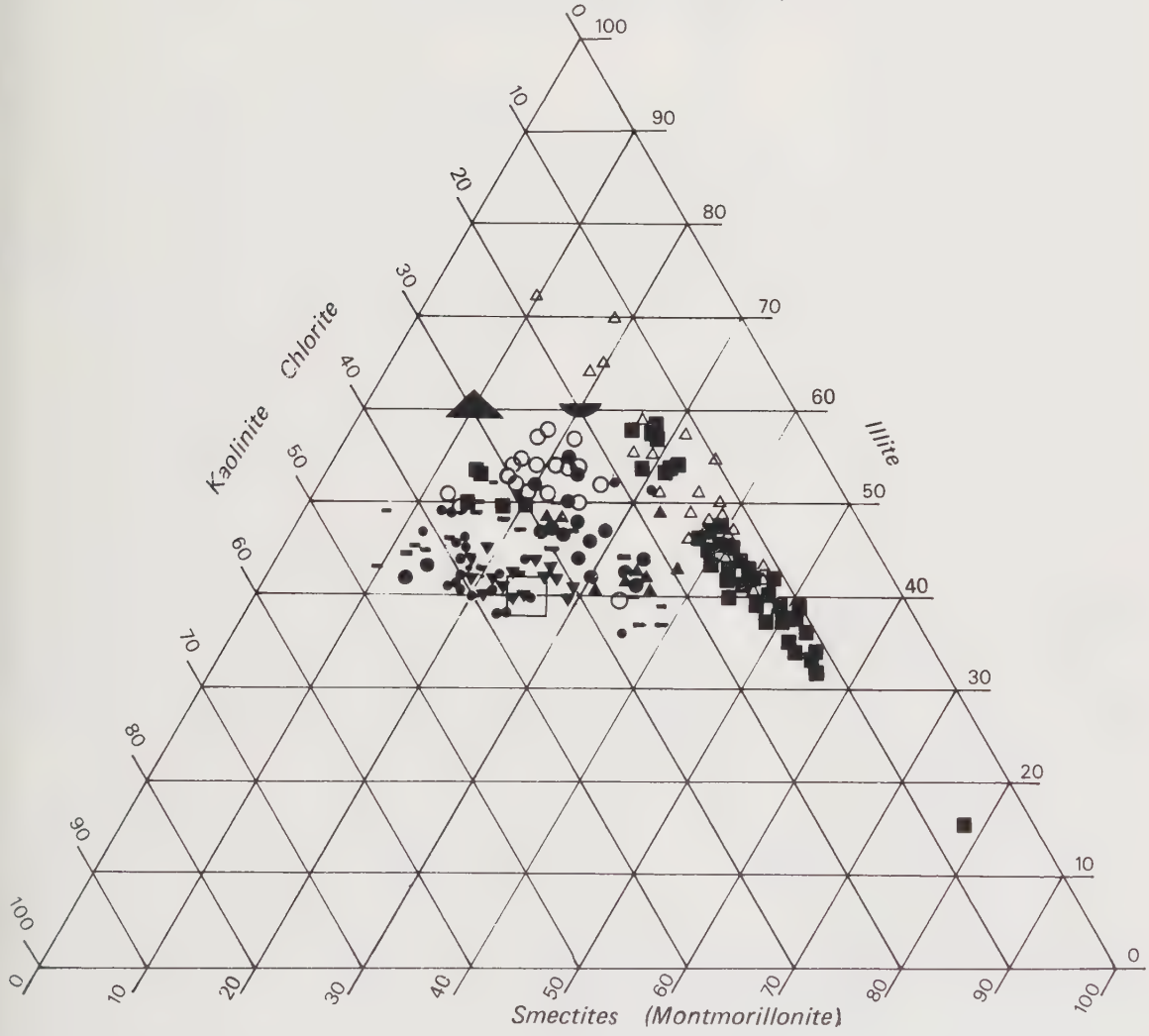
* Les analyses du Marais de Rochefort concernent des échantillons dont la profondeur est de l'ordre de 1 à 1,20 m, à l'exception c
sondage de Luez (échantillons ayant moins de 30 % de smectites) et de Vide-Bouteille où les smectites peu représentées jusque vers 400 c
de profondeur (moins de 30 %) dépassent 50 % dans le mètre supérieur.

	Saintes*	Rochefort*	Marais de Muron	Marais de Voutron	Mer des Pertuis**	
					sondage	fond
Illite	34	18	46	45	42	45-50
Smectites	36	40	40	41	46	30
Kaolinite	17	26	13	13	12	20-25
Chlorite	13	16				

Tableau 48 :

Répartition des minéraux argileux entre Saintes et la Mer des Pertuis

* d'après VIDALIE, 1977 ; ** d'après M. POULIQUEN, 1975



Marais de Rochefort
BRGM
CNRS
Marais de Brouage
BRGM
CNRS
St-Jean

Vallée de la Charente
Port de Rochefort
Carotte sous-marine
Mer des Pertuis
Bassin de Marennes-Oleron
Pertuis d'Antioche
Pertuis Breton
Vasière Ouest Gironde

Figure 201 :

Les minéraux argileux des Marais Charentais et de la Mer des Pertuis

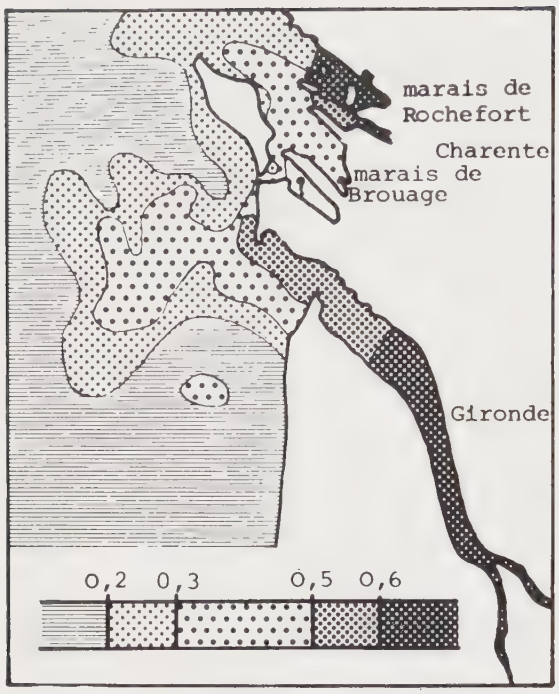


Figure 202 :

Le rapport smectites/illite entre Vendée et Gironde

les estrans comme les golfes connaissent une sédimentation où le rapport smectites/illite (S/I) diminue progressivement. Le sondage du Port de Rochefort étudié par J.F. VIDALIE montre qu'une sédimentation assez riche en smectites (S/I : 0,74 à 560 cm) prend place entre deux phases où l'illite s'affirme (S/I : 0,37 à 740 et 0,45 à 180 cm de profondeur) : peut-être est-ce l'image d'un «vieillissement» de l'estuaire de la Charente dans lequel les apports fluviatiles sont de plus en plus modestes.

La dernière phase attestée dans les sondages est «marine» à St-Jean d'Angle (S/I : 0,04) et plutôt «fluviatile» dans le marais de Rochefort (S/I voisin de 0,8 à Luez, supérieur à 1 à Vide-Bouteille) : c'est sans doute en raison d'apports «continentaux» plus importants dans le marais de Rochefort où les alluvions de la Gère et les colluvions jurassiques des bordures du marais sont pauvres en smectites ; les particules en suspension dans les eaux de la Charente pouvaient être refoulées dans le marais de Rochefort, via les chenaux de la Gère-Daurade et de la «Rivière de Muron». A. MONACO (1973, p. 220) observe qu'un élargissement basal de la réflexion de l'illite à 14 Angströms est l'indice d'une transformation des smectites en illite : quelques spectres de minéraux argileux du bri récent du Marais de Rochefort, au nord de Tonnay - Charente présentent cette particularité. Par contre dans le marais de Brouage, la sédimentation devait se faire après un séjour plus long des argiles en milieu marin : l'illite y domine (dont une partie pourrait provenir de l'illitisation des smectites).

Il est possible aussi que cette récurrence marine soit l'indice d'un afflux de bri autrefois marin, lié à une transgression (sur la *figure 201*, le bri du marais de Brouage est très proche des argiles de la vasière Ouest Gironde) ; dans cette hypothèse, cette transgression aurait été achevée avant le XIème siècle (coquilles de St-Jean d'Angle : GIF 2128 : 850±90 B.C.).

L'étude des minéraux argileux montre donc que la partie fine du bri (inférieure à 2 micromètres) est formée d'illite, de smectites et secondairement de kaolinite et de chlorite . Le spectre minéralogique, apprécié en fonction de la surface des «pics» caractérisant les diffractogrammes de chaque échantillon, est variable suivant les marais, et verticalement dans les sondages. Alors que le bri du marais de Rochefort comprend 40 % d'illite, 30 à 40 % de kaolinite et 20 à 30 % de smectites avec peu de chlorites (B. BOURGUEIL, P. MOREAU, 1972), nos analyses ont montré que le spectre «moyen» des argiles de ce marais, estimé sur 31 échantillons prélevés à 1 m de profondeur pour éviter les perturbations éventuelles liées à la pédogenèse - comportait 45 % d'illite, 40 % de smectites, 15 % de kaolinite et de chlorites. Dans le marais de Brouage, la composition moyenne du bri est de 60 % d'illite, 30 % de smectites, 10 % de chlorite-kaolinite selon les analyses du BRGM (J.P. PLATEL, P. MOREAU, 1977, p. 25), 60 % d'illite, 25 % de smectites, 15 % de chlorite-kaolinite selon les analyses du Centre de Géomorphologie du CNRS (6 échantillons) .

Ces légères variations absolues, qui peuvent provenir de différences dans les méthodes d'analyses utilisées, sont tout à fait normales car, spatialement, le spectre minéralogique varie, le rapport smectites/illites paraissant plus important dans les régions récemment sédimentées (anciens chenaux de marée) que dans les zones de sédimentation plus anciennes.

Au cours de la sédimentation, il est possible de mettre en évidence deux types de situation, schématisés par le rapport smectites/illites, utilisé par C. LATOUCHE (1971) : rapport élevé lorsque les apports d'origine continentale s'affirment, rapport faible dans le cas contraire. Les quelques explorations réalisées à Genouillé, Breuil-Magné, Rochefort et St Jean d'Angle montrent qu'à une sédimentation riche en illite à la base (7,20 m à St Jean d'Angle, 7,40 m à Rochefort) succède une sédimentation où les smectites (d'origine principalement continentale) s'affirment, après avoir longtemps été «contenues» par l'illite ; une reprise de l'illite à la partie supérieure est commune au marais de Brouage et au marais de Rochefort. Ces différentes phases peuvent être mises en relation avec la paléoclimatologie, - un débit fluvial important lié à une période pluvieuse ou à des crues apportant davantage de smectites dans un estuaire n'ayant pas encore atteint la «maturité» au sens de M. VIGNEAUX et coll. (1972) -, mais aussi avec les oscillations du niveau de la mer : une phase de régression - ou un répit dans la transgression - pouvant avoir des conséquences voisines sur le spectre des minéraux argileux.

Les minéraux argileux sont bien, comme l'indiquait C. LATOUCHE (1973, p. 217) des témoins sensibles des variations de l'environnement, fournissant des données sur les caractéristiques climatiques, chimiques et dynamiques des milieux où elles ont transité. Cette rapide exploration souligne l'intérêt d'une étude détaillée des argiles du bri charentais en particulier pour la connaissance des paléo-environnements : c'est l'affaire de spécialistes des minéraux argileux. Il suffira ici de souligner que les argiles confirment les oppositions mises en évidence par l'analyse granulométrique et permettent de formuler des hypothèses concernant la dynamique verticale et spatiale du colmatage des Marais Charentais. Le bri comprend aussi des particules végétales déposées en même temps que les argiles et témoignant du milieu bioclimatique : cette étude du remblaiement des Marais Charentais se continue donc par l'analyse des pollens.

IV - LE BRI. ÉTUDE PALYNOLOGIQUE

Le terme de palynologie, «créé en 1944 seulement, est aujourd'hui universellement employé pour désigner l'ensemble des recherches scientifiques dont les grains de pollens et les spores sont l'objet et le moyen» (A. PONS, 1972, p. 462) ; l'analyse pollinique des sédiments permet «de reconstituer, grossièrement, la végétation contemporaine de leur dépôt et, par ce biais, de retrouver certaines caractéristiques des milieux correspondants, comme de situer chaque sédiment parmi les couches successives formées au cours de l'histoire de la Terre» (id, p. 463). L'utilisation de l'analyse pollinique en vue de retracer la dynamique du remblaiement est donc possible lorsque des changements de climats mais aussi les variations du niveau marin entraînent des variations nettes dans le paysage végétal ; des changements plus ou moins spectaculaires dans les pourcentages des différentes espèces a permis d'établir chronologies et séries de référence (H. GODWIN, 1940, K. FAEGRI et J. IVERSEN, 1954 ; G. ERDTMAN, 1954, M.VAN CAMPO , H. ELHAI, 1960). Il est donc souvent possible de raccorder un diagramme isolé aux séries chronologiques établies dans les régions voisines.

La région charentaise a été relativement peu étudiée depuis les travaux pionniers de G. et C. DUBOIS (1949, p. 221) ; aussi, les corrélations y sont-elles plus hasardeuses qu'en Belgique ou aux Pays-Bas. M. VAN CAMPO (1962, p. 772) présente le premier diagramme proprement charentais ; M. M. PAQUEREAU (1964) a étudié le Bordelais et M.F. DIOT (1973) la vallée de la Boëme, dans la région d'Angoulème. Le Marais Poitevin a donné lieu à un sondage publié par F. VERGER (1968, p. 376) et à une étude de M. BRION (1975) concernant des tourbes du marais mouillé. N. PLANCHAIS (1961 -?- p. 31) avait analysé des échantillons prélevés dans la tourbière de Chantemerle, près d'Angoulème (M. VAN CAMPO, 1962) et près de Surgères (N. PLANCHAIS, 1971, p. 15) ; bien que tourbeux, ce dernier sondage s'était révélé assez pauvre en pollens.

Un sondage implanté au Bouil de Chambon, dans la vallée de l'Arnoult, étant également décevant quant au nombre de pollens rencontrés, des carottes de bri ont été ensuite analysées. Pour le sondage de la Jonchère à St-Jean d'Angle (prise des Fours), l'analyse fut effectuée conjointement avec Madame DENEFLE au Laboratoire de Géographie physique du CNRS (L.A. 141, Mr le Professeur BIROT) ; au même laboratoire, Mlle J. COHEN a analysé, entre 1973 et 1978 le sondage de Lillard, à Genouillé dans le bassin de Rochefort. Un troisième sondage (Cabane de la Groie, à Genouillé) a été analysé par Mme M. CLET au Laboratoire de Géomorphologie du CNRS ; des analyses isolées ont aussi été réalisées sur des échantillons provenant de sondages dispersés (figure 203).

L'analyse pollinique, dont l'intérêt géographique fut naguère révélé par M. VAN CAMPO et H. ELHAI (1960) s'exprime par un diagramme établi à partir de certaines conventions. Les profondeurs sont portées en ordonnées, les fréquences des différentes espèces identifiées en abscisses ; ces fréquences sont déterminées en fonction de la somme pollinique. Il existe deux types de diagrammes, selon le but poursuivi :

«- faire apparaître très clairement la succession stratigraphique du dépôt, donc insister sur la représentation arbustive : ...les calculs de pourcentages se font à partir de la somme des pollens d'arbres...»
«- faciliter l'interprétation écologique du diagramme, en ne négligeant pas le rôle des plantes herbacées, donc en effectuant les calculs à partir de la somme totale de pollens...» (M. T. MORZADEC-KERFOURN, 1974, p. 9).

*Bien que le premier mode soit assez répandu dans la littérature francophone et paraisse plus facile à lire «pour un géologue ou un géographe qui ne serait pas palynologiste» (id.), il a semblé que le second mode d'expression (qui tend à se généraliser) était le plus apte à mettre en évidence les variations régionales et locales de l'ensemble du tapis végétal charentais ** .*

* Qu'elle veuille bien trouver ici l'expression de nos remerciements.
** On trouvera dans A.V. MUNAUT (1967, pp. 117 - 123) une étude comparative des différents modes de représentation

Chaque diagramme comporte donc :

- une description sédimentologique
- les zones polliniques
- les profondeurs (ou les numéros d'échantillon)
- le spectre pollinique total avec
  - *. les fréquences élémentaires des pollens d'arbres (AP), des symboles caractérisant chaque espèce,*
  - *. la courbe de fréquence des AP/NAP (non arboréal pollen), image du taux de fréquence des pollens arboréens*.*
  - *. de droite à gauche et représentées par des surfaces cumulées, les principales espèces herbacées : Chénopodiacées, Graminées, Spores, etc...*
- *des diagrammes disjoints de différentes espèces (arbustes et herbacées)*
- *la somme pollinique*
- *éventuellement, rappel de la profondeur*
- *la cote NGF du sondage*

D'autre part, sur le diagramme comme dans le commentaire, on a utilisé autant que faire se peut la désignation internationale des espèces arborescentes :

Abies : Sapin X ; *Acer* : Erable A ; *Alnus* : Aulne □ ; *Betula* : Bouleau ○ ; *Carpinus* : Charme ▲ ; *Castanea* : Châtaignier C ; *Corylus* : Noisetier ◆ ; *Fagus* : Hêtre ▲ ; *Fraxinus* : Frêne F ; *Juglans* : Noyer J ; *Picea* : Epicéa △ ; *Pinus* : Pin ● ; *Quercus* : Chêne ■ ; *Salix* : Saule ⊕ ; *Ulmus* : Orme ... ; *Tilia* : Tilleul – –; etc...

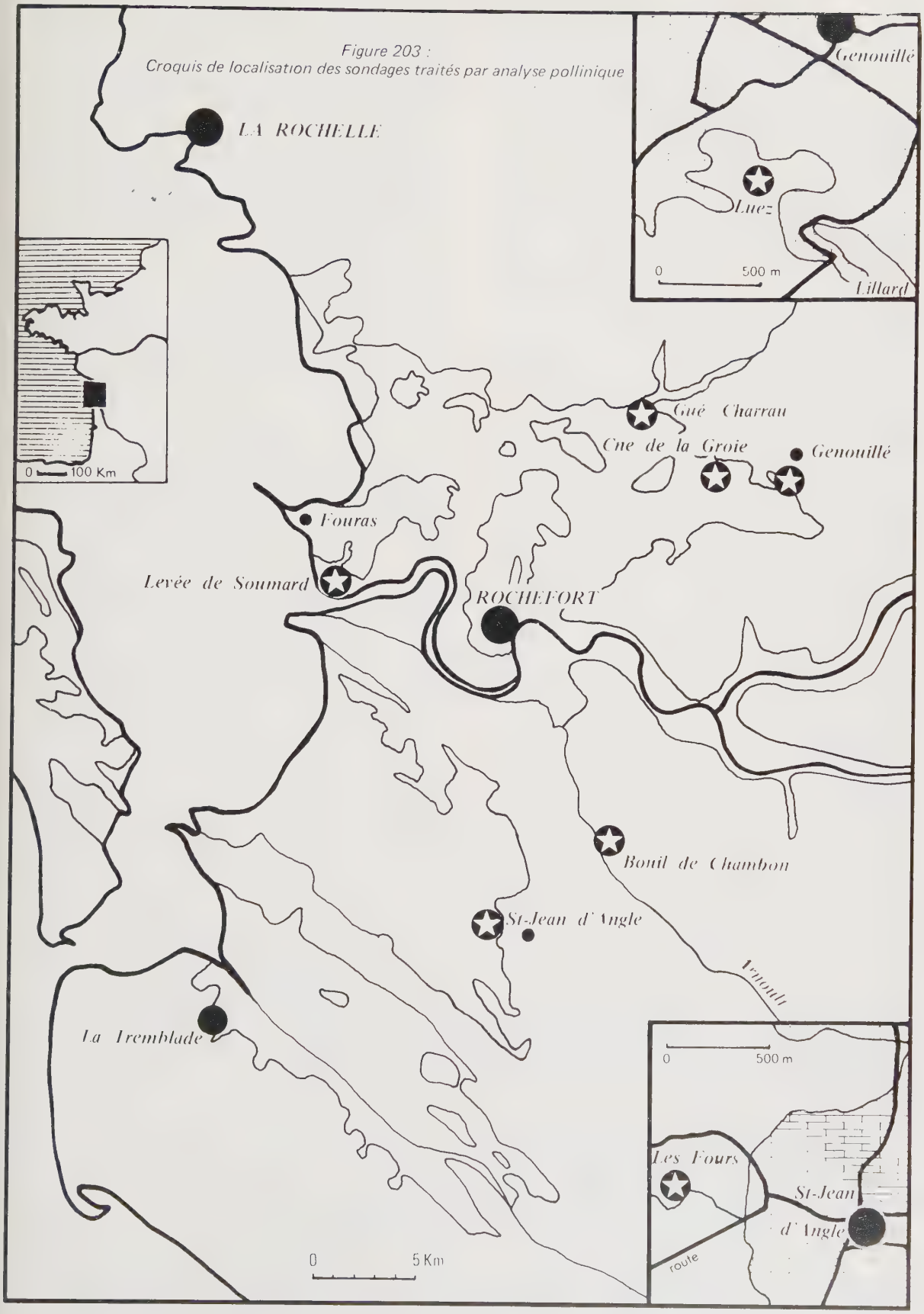
Enfin, la chronologie palynologique en «zones», internationalement acceptée, est rappelée sur le tableau suivant qui donne les limites des périodes BP (avant 1950), ou BC (avant l'année 0 de l'ère chrétienne) ; la chronologie de M.T. MORZADEC sera utilisée *(tableau 49)*.

Périodes ou Zones palynologiques		A. CHEVALIER 1945	M.T. MORZADEC 1974	N. PLANCHAIS 1971	Périodes préhistoire - histoire
VIII	SUBATLANTIQUE				Gallo-Romain La Tène
		700 BC (2650 BP)	3600-3000BP (1650-1050 BC)		Hallstatt
VIIb	SUBBORÉAL	2500 BC (4450 BP)	5700-5500BP (3750-3550BC)	3700 à 3450 BP (1800 à 1500 BC)	Bronze Néolithique Artenac
VIIa	ATLANTIQUE	– 5500 BC (7450 BP)	7800 BP (5850 BC)		

Tableau 49 :
Chronologie simplifiée de l'Holocène
(les dates correspondent aux LIMITES entre les périodes palynologiques)

* Ce rapport ne correspond pas exactement au taux de boisement ; dans la sédimentation actuelle en Baie de Somme, M. F. HUAULT (1979) observe sur le schorre une diminution du rapport AP/NAP en raison d'un apport pollinique herbacé très important.

Figure 203 :
Croquis de localisation des sondages traités par analyse pollinique



I - LE SONDAGE DU «BOUIL DE CHAMBON», à TRIZAY

Au Bouille (ou Bouil) de Chambon, une résurgence a été captée pour l'alimentation en eau de Rochefort. La tourbière qui remplit le canyon où coule l'Arnoult s'est tassée de 0,80 m à 1 m entre 1955 et 1971, à la suite de ces pompages, révélant les fondations des ouvrages.

a) Description du sondage

J. DAVID (1961, p. 71) a donné le résumé suivant des sondages de reconnaissance effectués lors de l'installation de la station de pompage :

«1 - 6 à 8 m de terre arable tourbeuse, avec des intercalations argileuses imperméables, datant vraisemblablement du Flandrien.

2 - En dessous : niveau de marne grise contenant des coquilles de mollusques lacustres et des débris de racines.

3 - A une profondeur d'environ 18 m, on a rencontré des calcaires du Crétacé supérieur, vraisemblablement turoniens».

Grâce à la sonde Hiller * , nous avons pu effectuer à 100 m au nord de la station de pompage, un sondage de 9, 80 m, que l'on peut décrire ainsi :

0-410 cm : boue humique fibreuse grossière, brunâtre à rougeâtre, à macro-restes de phragmites

410-980 cm : alternance de boue humique brune grossière et d'argile gris bleuté, très voisine du bri des marais. Ces argiles gris-bleu forment des bancs continus vers 510-530 cm, 675 à 750 cm, 960 à 980 cm.

Pour G. LECOINTRE, *in* J. DAVID (id.), il s'agirait de marnes fluviatiles ou lacustres, alors que C. GABET y voit du bri, «plus plastique que (celui) du marais de la Charente, ne (recelant) aucune coquille marine» (1971, p. 118) ; «sa plasticité, sa finesse, sa pureté, sa couleur bleutée très caractéristique ne laissant aucun doute à cet égard» (id, p. 120). Ces deux opi-

* Gracieusement prêtée par M. MORAND, du Laboratoire de Biogéographie de l'Ecole Normale Supérieure de St Cloud, que nous remercions.

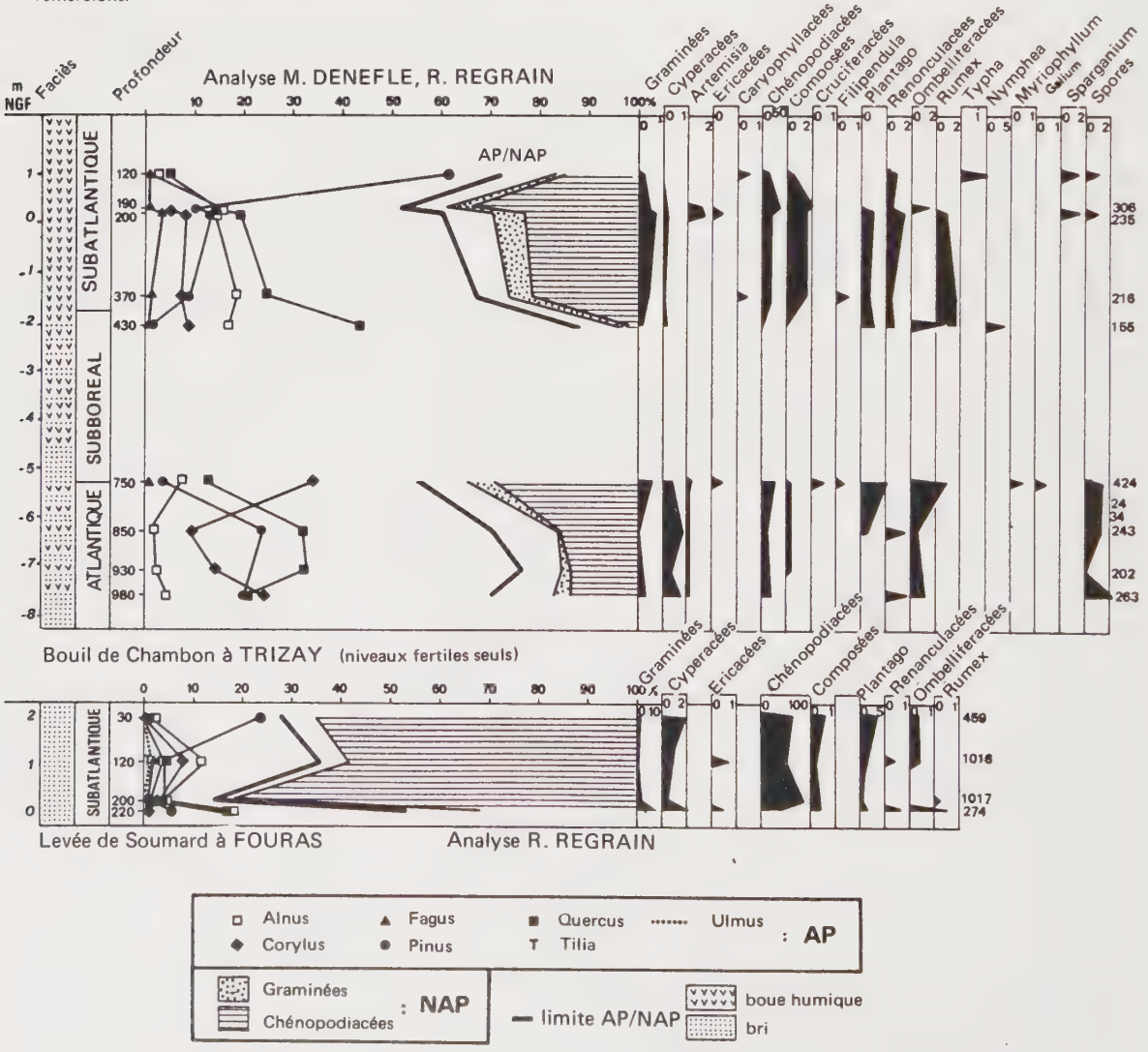


Figure 204 :

Diagrammes palynologiques du Bouil de Chambon à Trizay et de la Levée de Soumard à Fouras

nions ne sont pas contradictoires : à la profondeur où elle apparaît (entre 0,70 à 2 m NGF), cette argile gris bleu peut très bien être du bri, à cause de ses propriétés physiques (couleur, granulométrie, plasticité), localement enrichi en faune fluviatile par le cours de l'Arnoult: de tels faciès se rencontrent dans les vallées de la Gère et de la Boutonne, ainsi que de la Vendée (J. DUPUIS et coll, 1968-69, p. 51) : ils correspondent à ce que H. ENJALBERT désignait par «bri batard» (1961, p. 229). Dans cette zone d'affrontement entre la sédimentation marine - qui envahissait la basse vallée tourbeuse lorsque la transgression franchissait le seuil de Vouillay (C. GABET, 1971b, p. 118) - et la sédimentation tourbeuse, la présence de bri marin comportant des débris de mollusques fluviatiles ne doit pas surprendre.

Par ailleurs, un échantillon de tourbe récolté par C. GABET au pont de l'Abbaye, à 3 km en aval, et à environ 1,70 m NGF a été daté de 2050 ± 110 BP (GIF 1271).

b) L'analyse pollinique

Les échantillons prélevés au Bouil de Chambon se sont révélés très pauvres en pollens, ce qui est assez surprenant dans ce type de sédiment : il est possible que les rabattements de nappe créés lors des pompages expérimentaux aient oxygéné trop brutalement le profil, détruisant la membrane des grains de pollens formée principalement de sporopollénine.

Diverses méthodes de concentration ont été employées : B. BASTIN, du Laboratoire de Palynologie de Louvain a bien voulu nous initier à la méthode de FRENZEL (B. BASTIN et M. COUTEAUX, 1966, p. 201) et nous l'en remercions - mais des raisons techniques nous ont limité à l'emploi de la méthode de GIRARD et TAMAIN, 1965 en usage au L.A. 141 du CNRS. Même après concentration, il fallut le plus souvent compter 4 à 5 plaques pour atteindre une centaine de pollens d'arbres : les quantités de pollens effectivement rencontrées, à chacun des niveaux en ayant fourni plus de cinquante, sont portées sur chaque diagramme.

Le diagramme *figure 204* montre le spectre sporopollinique tel qu'il résulte de 9 analyses : il ne saurait donc avoir qu'une valeur relative.

Le nombre insuffisant des pollens entre 4, 30 m et 7, 50 m ainsi que l'allure tout à fait différente des courbes représentant les pollens d'arbres obligent à scinder le diagramme en deux phases pendant lesquelles le paysage forestier recule, le rapport entre les pollens d'arbres (*Corylus* compris) et la somme pollinique passant de 76,2 à 55,4 % et de 88,4 à 52,3 % ; ce recul de la forêt est d'abord celui de *Quercus*, espèce forestière la plus répandue dans la région.

a) La base du diagramme (750-780 cm) montre un paysage où la chênaie mixte, *Quercus, Tilia* et *Ulmus,* représente de 30 % à 50 % des pollens d'arbres ; *Pinus*, 30 % des pollens d'arbres est bien représenté ; le déclin de *Corylus* suggère que la forêt a couvert la plupart des espaces disponibles vers 750 cm. Ce paysage très forestier (AP/NAP supérieur à 70 %), où dominent *Quercus* et *Pinus,* avec l'absence de *Fagus* et la présence de *Tilia,* caractérise la période Atlantique en Bretagne (M. T. MORZADEC-KERFOURN, 1974, p. 181). M. COUTEAUX (1970, p. 2) note par ailleurs que *Fagus* n'apparaît en Dordogne qu'à la fin de l'Atlantique ; à Gizeux (Indre et Loire) *Alnus* est constant mais rare pendant l'Atlantique (N. PLANCHAIS, 1967, p. 508) : ici, il représente 1 à 4 % des pollens et 4 à 5 % des arbres.

On proposera donc de dater la base de ce diagramme de la période Atlantique (7800 à 5700 BP *); la sédimentation de cette période est achevée vers 750 cm, où prend place une brutale poussée de *Corylus* (55 % des pollens d'arbres) ; en Gironde, M. M. PAQUEREAU (1964, p. 105) situe à cette époque une phase précoce de déboisement : ici, les herbacées accompagnant le déboisement (Ombellifères Composées, *Rumex, Plantago,* ainsi que les Graminées) se développent.

b) La partie supérieure du diagramme montre vraisemblablement une phase du Sub-Boréal vers 430 cm à 370 cm et le Sub-Atlantique au-dessus.

Aux niveaux 430 cm et 370 cm en effet, alors que *Tilia* est plus rare qu'auparavant, *Quercus* domine fortement, *Pinus* progresse : ces caractères ont été retenus par M.M. PAQUEREAU en Gironde (id, p. 107-108) pour définir le Sub-Boréal ; le maximum d'*Alnus* observé en Bretagne est réalisé au niveau 430 cm (27 % de la somme pollinique). La forêt commence à reculer, la fréquence des pollens d'arbres passant de 88,4 % à 67,1 %, alors que les herbacées compagnes de l'homme, et les herbacées héliophiles (Graminées, Composées, Plantaginacées, *Rumex)* s'affirment.

Les niveaux 200 cm, 190 cm et 120 cm appartiennent sans doute au Sub-Atlantique : *Pinus* dont le pollen est très anémophile est sur-représenté. Si *Quercus* domine dans le paysage, il passe de 19,6 % à 5 % du total soit de 30 % à 8 % des arbres ; *Ulmus* connaît son maximum (7 % des arbres) à 190 cm, mais recule ensuite nettement ; *Tilia* a presque disparu ; *Fagus* est relativement abondant comme en Dordogne (M. COUTEAUX, 1970) ; *Corylus* diminue vers le sommet ; *Alnus* régresse fortement. Parallèlement, le rôle de l'homme paraît plus net sur le tapis herbacé : le défrichement se marque aux niveaux 190 cm et 200 cm par un «pic» des Herbacées. La présence de Renonculacées, de *Typha,* de *Sparganium* dans un milieu où dominent les Chénopodiacées, est à rapporter plutôt à un apport d'eau douce dans un schorre qu'à une véritable sédimentation en milieu dulçaquicole (tourbière). Est-ce l'indice d'un débit plus important du Bouil ? Ce phénomène, qui peut être contemporain de la fin de la transgression, chasse définitivement le bri de la vallée de l'Arnoult.

Certes, il serait imprudent d'accorder trop d'importance à 9 analyses effectuées sur un sondage de 9,80 m. Il a néanmoins semblé utile d'apporter quelques éléments concernant l'histoire forestière et la dynamique de la transgression.

La tourbière étant située, d'après les cartes, vers 3 m NGF et s'étant tassée d'environ 80 cm à 1 m depuis les pompages, on peut estimer la cote de la surface du sondage à 2,20 m NGF environ ; on peut constater un parallélisme grossier entre les niveaux les plus riches en bri dans ce sondage et les phases de hauts niveaux marins repérées par M. TERS (1973) :

- à 980 cm, soit vers - 7,60 m NGF, l'invasion du bri pourrait être rapportée au niveau de Bréhec (- 8 m vers 6200 BP) ou de Fromentine (- 7 m, vers 7300 BP)

* Chronologie d'après M. T. MORZADEC-KERFOURN, 1974.

sans qu'il soit possible de préciser par la chronologie palynologique ; la légère discordance entre les niveaux peut sans doute s'expliquer par la situation isolée de cet éphémère bras de mer.

Le niveau 750 cm (- 5,30 NGF) a été rapporté à un épisode tardif de l'Atlantique (*Corylus, Herbacées).* M. TERS situe vers - 5,40 NGF et vers 4900 BP le «haut niveau de Brétignolles» ;

- à 410 cm, soit vers - 1,90 NGF, le bri apparaît dans le sondage, vraisemblablement au Sub-Boréal (?) ; M. TERS place alors le haut niveau de Camiers (- 2,50, vers 3350 BP). L'humidification du climat et le développement des tourbières près du Bouil de Chambon explique sans doute l'absence de bri dans les horizons supérieurs.

Les Chénopodiacées peuvent être des plantes rudéales, marquant l'activité humaine (T. NILSSON, 1960, p. 248), mais de nombreuses plantes du schorre appartiennent aussi à cette famille : H. ELHAI (1963) considère que les pourcentages importants caractérisent le schorre. Ici, le développement assez brutal des *Chénopodiacées* aux niveaux 750 cm et 370 cm semble confirmer des phases transgressives. La progression des *Chénopodiacées* se fait à un niveau toujours supérieur au niveau moyen de la mer, comme il est normal pour un schorre : 40 cm au-dessus du «niveau de Bréhec» et 60 cm au-dessus du «niveau de Brétignolles». On peut supposer alors que la progression des *Chénopodiacées* à 190 cm, soit vers 0,30 m NGF corresponde à un niveau où la mer aurait atteint - 0,30 à - 0,10 m NGF dans une phase de transgression (diminution postérieure des *Chénopodiacées).*

On ne présentera donc ces remarques que comme de **simples hypothèses** ; de telles concordances paraissent troublantes, bien qu'on soit persuadé, avec M. VAN CAMPO et H. ELHAI (1960, p. 353) que «toute déduction faite à partir de quelques échantillons isolés (non datés par le Carbone 14) reste, dans l'état actuel de nos connaissances, très hasardeuse».

2 - LES SONDAGES ISOLÉS ET SUPERFICIELS

Quelques échantillons de bri, issus de sondages dispersés dans les marais de Rochefort ont pu être analysés, en compagnie de Mme DENEFLE : bien qu'ils ne présentent pas de série continue, ils permettent de confirmer que le comblement des marais était très avancé au Sub-Atlantique ; ces sondages constituent par ailleurs des jalons ponctuels de l'évolution régionale de la végétation.

a) Le sondage de la Levée de Soumard à Fouras (figure 204) :

Dans les marais de Soumard, à l'estuaire de la Charente, un sondage a été réalisé à 50 m à l'Ouest de la Ferme de la Levée. Le bri est de couleur beige à la partie supérieure (0 - 60 cm), plus humide et bleuté ensuite (60 - 110 cm) avec un niveau à concrétions friables de teinte jaunâtre à verdâtre (110 - 125 cm) reposant sur un bri de couleur bleue.

Les quatre niveaux analysés (30 cm, 120 cm, 200 cm, 220 cm) montrent une dominance des *Chénopodiacées.* Dans la partie supérieure, *Pinus* progresse.

L'ensemble du diagramme se situe vraisemblablement dans le Sub-Atlantique ; *Quercus* est présent (1/3 à 1/6 des arbres), *Pinus* sur-représenté à la partie sommitale*. Comme en Bretagne, *Ulmus* progresse (0,5 à 1,5 %), *Tilia* est peu représenté ; *Alnus* connaît de fortes variations mais sa fréquence moyenne diminue alors qu'il croît fortement en Gironde (le maximum d'*Alnus* vers 220 cm pourrait éventuellement remonter au Sub-Boréal où, comme en Gironde, *Tilia, Ulmus* et *Fagus* sont quasi absents). La présence de *Fagus* vers 120 cm s'explique sans doute par le caractère un peu plus humide de cette période (H. GAUSSEN, 1938, p. 469).**

A la base (220 cm) la mise en culture est attestée sur la presqu'île de Fouras : présence des Graminées (7,3 % de la somme pollinique), présence des Ombellifères, de *Rumex*, des Cyperacées. *Corylus* connaît alors son maximum, ainsi que *Betula*. Ensuite, un déclin de l'influence humaine se marque par une diminution des Graminées, alors que les Composées et Plantago se maintiennent. La relative abondance des Cypéracées suggère la présence d'un milieu humide à proximité : frange marécageuse entre la presqu'île de sable et argiles cénomaniennes inclinées vers le marais et les dépôts du bri, au nord, dans le marais de l'Aubonnière.

La progression brutale des Chénopodiacées à 200 cm, soit à 0,2 NGF peut être associée à un niveau marin situé vers - 1,80 m sous l'actuel (schorre actuel à 2,30 m près de la Charente) ; la diminution des Chénopodiacées ensuite (80 à 60 % environ) peut suggérer une diminution de la surface du schorre***. Mais l'essentiel reste ici la persistance d'un schorre très développé.

b) Le sondage du Gué Charrau, à Muron.

Au nord du marais de Rochefort, la vallée de la Gère débouche dans le marais au Gué Charrau. Le bri repose sur les marnes grises du Kimméridgien à - 1,90 m et est surmonté par une argile brunâtre (0 - 90 cm) où se mélangent les alluvions de la Gère, des passées tourbeuses et des matériaux colluvionnés. Trois niveaux ont été analysés, mais seuls les niveaux 110 et 115 sont assez riches en pollens. *(tableau 50).*

Le paysage est assez boisé : 53,2 et 38,4 % d'arbres ; *Pinus* domine largement (28 à 36 % de la somme pollinique), *Quercus* est plus discret que dans les autres sondages, *Alnus* et *Corylus* sont peu abondants, *Abies* présent : il s'agit donc d'un dépôt très récent, appartenant au Sub-Atlantique. Les Herbacées sont dominantes, les Cyperacées très fréquentes mais aussi les Graminées : ceci confirme l'importance de l'activité humaine. *Plantago,* assez bien représenté, peut attester de l'activité humaine, mais aussi du développement d'un schorre car *Plantago maritima* et *Plantago coronopus* sont abondants aux niveaux supérieurs des schorres dont l'existence est prouvée par la fréquence des Chénopodiacées.

* Comme il est courant à proximité des rivages (T. NILSSON, 1960, p. 242)

** H. GAUSSEN (1938, p. 469) note que, en Charente, Fagus «est prêt à apparaître dès qu'un grand massif boisé lui a permis de résister aux assauts de l'homme... En dessous de 700 mm de moyenne annuelle de précipitations, le Hêtre n'existe pas» (La Rochelle, 736 mm, Fouras, 715 mm - moyennes 1921 - 1950)...

*** Que l'on pourrait très éventuellement corréler avec la période de submersion liée au «haut niveau de Champagné» de M. TERS (1973, p. 121).

	105	110	115
Albies			2
Pinus	7	43	32
Ulmus			4
Quercus		11	5
Tilia	1	2	
Alnus	1	2	1
Corylus	1	5	6
Somme des A.P.	10	63	50
Graminae	2	12	2
Cyperacae	1	9	4
Erica Calluna			1
Artemisia		(1)	2
Chenopodiacae	9	46	29
Composae		10	
Plantago		7	1
Renunculacae		4	
Spores	3		5
Hystricosphères			1
Somme des NAP	12	89	39
AP/NAP		41,4	56,2

Tableau 50 :

Effectif des pollens dans 3 niveaux au Gué Charrau, à Muron

3 - LE SONDAGE DE SAINT-JEAN D'ANGLE (45°49' N, 0°58' W).

En 1970, les travaux de dérasement de bossis dans les marais gâts de la Prise des Fours à Saint-Jean d'Angle (Charente Maritime) ont mis à jour un «coef» (conduite de bossis utilisée par les sauniers) en bois d'Ulmus (détermination J.L.VERNET), daté du XIVème siècle après J.C : 1340 ± 90 A.D. ; (610 ±90 BP ; GIF 2129).

Des coquilles de Scrobiculaires et de Cardium, récoltées à une profondeur de 20 cm furent datées de 1100 ± 90 A.D. (850 ±, 90 BP, GIF 2128) ; elles attestent que le colmatage se terminait dans la partie interne du marais de Brouage vers le X - XIIème siècle. Le sondage (effectué à la sonde Dachnowsky) a été arrêté à 7,80 m par une couche de sable dont les analyses granulométrique et exoscopique permettent de considérer qu'il représente un faciès du Crétacé inférieur peu ou pas repris par la mer quaternaire (cf. p.264). Ce sondage a été soumis à l'analyse palynologique ; les foraminifères y ont été identifiés.

a) Description du sondage :

Situé à 5 m au nord d'un ancien chenal de marée, et implanté sous le bossis d'une saline ancienne, à 2,30 m NGF, il comporte les horizons suivants : *(tableau 51).*

Le sondage montre trois faciès sédimentaires superposés : à la base (720 - 770 cm) des couches alternées de sable et de bri dans un milieu très riche en eau ; dans la partie moyenne (80 cm - 720 cm) faciès classique du bri, bleu à bleu-gris avec des niveaux coquilliers ; dans la partie supérieure (0 cm - 80 cm) on observe une évolution pédologique (nodules), avec des marbrures

Profondeur	Faciès	Cote NGF en m
0 à 15 cm	bri gris-bleu	2,30 à 2,15
15 à 40 cm	bri gris-brun avec nodules bruns	2,15 à 1,90
40 à 80 cm	bri gris-brun avec marbrures bleues et nodules bruns à jaune-vert	1,90 à 1,50
80 à 100 cm	bri de plus en plus bleu	1,50 à 1,30
100 à 160 cm	bri de plus en plus plastique	1,30 à 0,70
160 à 260 cm	bri bleu-gris	0,70 à – 0,30
260 à 290 cm	bri bleu-gris plus compact à la base	– 0,30 à – 0,60
290 à 370 cm	bri bleu-gris	– 0,60 à – 1,40
370 à 390 cm	bri bleu-gris avec quelques coquilles	– 1,40 à – 1,60
390 à 620 cm	bri bleu-gris	– 1,60 à – 3,90
620 à 660 cm	bri bleu-gris plus compact	– 3,90 à – 4,30
660 à 715 cm	bri bleu-gris	– 4,30 à – 4,85
715 à 720 cm	bri bleu-gris avec coquilles et grains de sable	– 4,85 à – 4,90
720 à 740 cm	bri bleu très liquide	– 4,90 à – 5,10
740 à 745 cm	bri sableux	– 5,10 à – 5,15
745 à 760 cm	bri liquide	– 5,15 à – 5,30
760 à 770 cm	bri sableux	– 5,30 à – 5,40
770 à 780 cm	sable grossier	– 5,40 à – 5,50

Tableau 51 :

Le sondage de La Jonchère à Saint-Jean-d'Angle

dues aux alternances d'humidité et de dessiccation. Dans la partie moyenne, la présence de niveaux légèrement plus compacts vers 260 - 290 et 620 - 660 cm pourrait témoigner de tassements en liaison avec une période d'arrêt de sédimentation ; l'analyse sédimentologique détaillée a été donnée p. 280 sq.

Aucun horizon tourbeux n'a été rencontré, en surface comme le laissait espérer la carte d'H. ENJALBERT (1961, p. 161), généralisant sans doute une frange d'une cinquantaine de mètres de tourbe reposant sur le bri à la base du coteau de St-Jean d'Angle ; la pauvreté des horizons coquilliers n'a pas permis de datation au Radiocarbone dans les parties profondes.

b) Analyse pollinique (figure 205)

L'analyse pollinique a été effectuée entre 1971 et 1973, en collaboration avec Mme DENEFLE au L.A. 141 du C.N.R.S. Plusieurs niveaux se sont montrés stériles : 0 à 120, 190, 200, 580 et 730 cm.

Deux coupures apparaissent aux niveaux 350 et 640 cm, et permettent de distinguer trois zones, correspondant à des variations du rapport des pollens d'arbres (AP) sur l'ensemble des pollens (arbres et «non arbres» : AP+NAP), et une zone stérile de 0 à 120 cm

- une zone A de 780 cm à 640 cm :
rapport AP/AP + NAP compris entre 80 et 90 %.
- une zone B de 640 cm à 350 cm :
rapport AP/AP + NAP compris entre 70 et 80 %.
- une zone C de 350 cm à 130 cm :
rapport AP/AP+NAP inférieur à 50 %.
- enfin, une zone D, de 120 cm à la surface, stérile en pollens.

Dans la zone A, au-dessous de 640 cm, soit - 4,10 m NGF, les espèces de la chênaie, *Quercus, Tilia, Fraxinus,* représentent plus de 85 % des pollens d'arbres: le chêne domine largement (plus de 80 % des AP), *Corylus* ne représente que 10 à 20 % des pollens, *Alnus* passe de 2 à 10 % : image de chênaie dense avec quelques lisières humides où croissent les Aulnes et les Noisetiers. La fréquence des Graminées, de *Plantago,* mais surtout les Chénopodiacées - de 7 à 15 % indique un littoral proche ; la présence de *Rumex* et de *Plantago,* l'aspect irrégulier des courbes de *Corylus, Fraxinus, Quercus* témoignent d'une présence humaine (défrichement, incendies ?). Cette zone A correspond au faciès sédimentaire inférieur formé par une alternance de lits plus limoneux et de lits très argileux ; elle se termine par un horizon un peu plus résistant, riche en Spores et Polypodes : peut-être y a-t-il là des indices d'une interruption dans la sédimentation ?

La zone B, de 640 à 350 cm se marque par le recul de la chênaie (45 à 35 % du total pollinique), l'humidification du milieu : Renonculacées, *Filipendula, Erica,* etc..., mais surtout par le développement des espèces littorales, les Chénopodiacées passant de 10 à plus de 20 % des AP. L'influence humaine se marque vers 320, 410 et 530 cm, par un recul brutal et temporaire de *Quercus,* alors que *Corylus* et *Alnus* se développent ainsi que *Plantago, Artemisia,* les Graminées, etc...

La zone C, de 350 à 130 cm, est celle de l'invasion des Chénopodiacées qui fournissent plus de 50 % de la somme pollinique. Alors que *Quercus* progresse (60 à 70 % des arbres), *Corylus* et *Betula* tendent à disparaître ; *Abies, Carpinus, Fagus* sont présents à certains niveaux, alors que *Pinus* augmente vers la fin de la séquence. La présence humaine se marque non pas tant par le recul de la forêt qui peut être fictif, lié à l'abondance des Chénopodiacées sur le schorre (M. F. HUAULT, 1979 ; F. HEYVAERT, 1979) mais par la présence de Graminées, *Rumex, Plantago...* Les Cypéracées comme les Graminées amorcent une forte reprise au sommet du diagramme.

La zone D (mètre supérieur) s'est montrée stérile en pollens à St-Jean d'Angle comme ailleurs ; sans doute les phénomènes de dessiccation et l'évolution pédologique en sont-ils responsables. Aucun indice d'arrêt dans la sédimentation n'a été relevé. Les datations au Radiocarbone* ainsi que les documents historiques montrent que la sédimentation était achevée vers le Xème siècle après J.C.

Il n'a pas été possible de distinguer avec suffisamment de précision dans chaque niveau les divers genres de Chênes (M. VAN CAMPO et H. ELHAÏ, 1956). Çà et là s'individualisent quelques pollens de *Quercus* dont la taille modeste inciterait à les rapporter à *Quercus* type *ilex ;* dans quelques niveaux, *Quercus* type *ilex* a pu être distingué des autres *Quercus. Quercus* type *ilex* est toujours peu abondant confirmant ainsi son caractère d'espèce méditerranéenne, ici à la limite nord-ouest de son extension où il se maintient pour des conditions édaphiques (L. RALLET, 1958, p. 106) ; il n'atteint pas 1 % du total des Chênes au-dessous de 570 cm. Jusque vers 390 cm, il dépasse 1 % (6 % à 470 cm) et diminue ensuite au-dessous de cette valeur jusqu'à 290 cm. A la partie supérieure, il augmente régulièrement. Dans la mesure où *Quercus* type *ilex* peut être considéré comme une essence thermophile, ses variations correspondraient à une phase plus chaude et plus sèche dans la partie moyenne du diagramme et à un réchauffement vers - 200 à - 130 cm.

Interprétation chronologique

Ulmus, Tilia et *Fraxinus* ont à la base du diagramme des évolutions comparables. *Ulmus* et *Fraxinus* montrent une courbe à peu près continue, alors que *Tilia* est plus discret.

La dominance de *Quercus* associée à des fréquences voisines pour *Pinus, Alnus, Corylus,* en présence *d'Ulmus* et de *Tilia,* caractérise selon M.T. MORZADEC-KERFOURN (1974) la période Atlantique dans le marais de Dol (p. 132), comme dans le Val de Vilaine (p. 80). F. VERGER et F. FLORSCHUTZ (1960, p. 891) à Fromentine, ont publié un diagramme assez voisin de celui de Saint-Jean d'Angle : dominance de la chênaie (60 à 80 %), fréquences voisines de *Alnus* et *Pinus,* présence quasi-continue d'*Ulmus* et de *Tilia, Corylus* représentant environ 30 % des pollens d'arbres : ce diagramme commence en 7642 ± 100 BP (F. VERGER, 1968, p. 397). Comme dans l'estuaire de la Gironde (A. FERAL, C. CARATINI, A. KLINGEBIEL, P.C. LEVEQUE. 1971, p. 1202), on rencontre à Saint-Jean d'Angle un pourcentage notable de *Quercus* et «la cœxistence d'une très faible proportion de *Pinus pinaster* par rapport au *Pinus sylvestris» ;* par contre les herbacées anémophiles sont très peu représentées (37 %

* GIF 2128 : 850±90 BP, GIF 2129 : 1100±90 BP au sommet du sondage.

de l'ensemble des pollens en Gironde, moins de 5 % ici) ; l'échantillon girondin est daté de 7300 ±100 ans BP par le Laboratoire de Radiogéologie de Bordeaux. On situera donc la base du diagramme dans la période Atlantique.

La limite supérieure de cette période Atlantique est difficile à saisir : si la chute des pollens d'*Ulmus* observée en Belgique par E. DRICOT (1960) est visible, ni celle de *Corylus* ni celle de *Tilia* adaptée par M. M. PAQUEREAU (1964), M. TERS, N. PLANCHAIS, C. AZEMA (1968), J.J. DONNER (1969) ou M. M. PAQUEREAU et J.L. TURON (1975) ne peuvent être retenues pour ce diagramme. Pour M. M. PAQUEREAU et J.L. TURON (1975, p. 72) les Cryptogames vasculaires se développent vers la fin de l'Atlantique alors que la forêt recule. Par contre le recul d'*Ulmus* et l'extension d'*Alnus* se marquent vers le niveau 450 qui pourrait être choisi comme limite.

Pour M.T. MORZADEC - KERFOURN (1974), le Sub-Boréal de la rade de Brest se caractérise par un recul de *Quercus* et la disparition d'*Ulmus* (p. 102), le développement d'*Alnus* en Vilaine (p. 80) alors qu'*Acer* et *Fraxinus* sont présents. En Gironde, M. M. PAQUERAU (1964, p. 107) le caractérise par la faible représentation de *Tilia* et *Ulmus* et l'absence de *Fagus ;* elle signale (p. 106) qu'un maximum de *Corylus* marque la fin de l'Atlantique (ici à 530 cm). Sur la plateforme continentale, M.M. PAQUEREAU et J.L. TURON (1975) observent une diminution des pollens d'arbres, de *Pinus* et de *Quercus,* la très faible représentation de *Corylus, Fraxinus, Ulmus...,* alors que les spores (Filicales), les Graminées, les Ericacées, et les plantes hygrophiles progressent. La partie moyenne du sondage de Saint-Jean d'Angle, entre 450 cm et 380 cm environ montre un léger recul de *Quercus,* la disparition progressive d'*Ulmus,* une certaine progression de Corylus, mais *Tilia* est présent, sans doute à cause du substrat calcaire : M.F. DIOT (1969, p. 186) associe la disparition de cette espèce au passage du Sub-Boréal au Sub-Atlantique.

Le passage du Sub-Boréal au Sub-Atlantique est marqué en Belgique et aux Pays-Bas, par le caractère continu de la courbe du Charme, l'extension du Hêtre et la disparition du Tilleul ;A.V.MUNAUT (1967, p. 131) y observe «la première extension de *Fagus* au-delà de 1 % et l'apparition fréquente de *Carpinus*» : à St Jean d'Angle, *Fagus* et *Carpinus* apparaissent à cette époque ; dans les sondages effectués sur la plateforme continentale, les pins ont tendance à envahir la chênaie ; M. M. PAQUERAU (1964, p. 108) a mis en évidence un passage progressif du Sub-Boréal au Sub-Atlantique, marqué par le fort développement d'*Alnus,* des forêts de pins maritimes entrecoupées de landes à Ericacées favorisées par l'ensablement du littoral. M.F. DIOT (1969, p. 186) fait commencer le Sub-Atlantique avec l'extension du Charme, l'accroissement du Hêtre (3 % au maximum) et la disparition presque totale du Tilleul. **Le Sub-Atlantique correspondrait donc à la partie supérieure du sondage, au-dessus de 380 cm.** Effectivement, *Alnus* regresse (sauf vers 180 - 160 cm), *Tilia* devient sporadique, *Fagus* apparaît, *Pinus* (toujours très bien représenté dans les sédiments marins), et surtout *Quercus* sont abondants comme dans le Val de Vilaine (M.T. MORZADEC - KERFOURN, 1975, p. 80) ; les Spores sont plus nombreuses, puis les Cyperacées moins rares au sommet.

Parmi les plantes herbacées, les Chénopodiacées, dans la mesure où elles sont surtout des plantes de schorre revêtent un intérêt particulier. De la base jusque vers le niveau 350 cm, les Chénopodiacées ne représentent guère que 20 à 80 % des pollens d'arbres, mais 320 % à 350 cm, fréquence descendant à 80 % vers 210 - 230 cm pour remonter à 280 % à 180 cm : il y a sans doute là des indices de variation dans la surface du schorre à proximité du point de sondage, tant il semble exact que si «l'apport pollinique arboréen représente non seulement la végétation arbustive du marais mais aussi celle, plus régionale, du plateau avoisinant, l'apport pollinique herbacé... traduit les fluctuations de la ligne de rivage» (M.T. MORZADEC - KERFOURN, 1974, p. 121)*

Ainsi, l'on pourrait situer la zone A dans l'Atlantique, avant 5700 BP environ, la zone B dans le Sub-Boréal, de 5700 à 3600 BP, les zones C et D dans le Sub-Atlantique, les transitions étant progressives et s'étalant sur une trentaine de centimètres. L'étude des pollens d'arbres donne une image des modifications régionales du paysage végétal, les Chénopodiacées ou les autres herbacées renseignent sur le tapis végétal proche : l'action de l'homme intervient évidemment avec les variations du climat pour expliquer cette évolution .

c) L'activité humaine

L'activité humaine est attestée pratiquement depuis la base du diagramme, où les Graminées, les Composées, les Plantaginacées voire *Rumex* sont présentes.

Un effet particulier de cette emprise humaine est la présence de *Vitis* dès le niveau 710 cm, associé à la fin de l'Atlantique. Pour N. PLANCHAIS (1972-73) «le pollen de *Vitis* a peu de chances de figurer dans les analyses polliniques de sédiments récents, même dans les meilleures conditions d'implantation des recherches sur le sujet» car l'habitude de compter un minimum de 200 pollens fossiles par échantillon est «tout à fait justifiable du point de vue méthodologique, mais évidemment préjudiciable pour la découverte des pollens rares». Dans ces conditions et eu égard à la pollinisation modeste de *Vitis* (P. COUR, D. DUZER, N. PLANCHAIS, 1972-73), on peut considérer comme significatif le recensement de 22 pollens répartis sur 15 niveaux où plus de 3000 pollens d'arbres ont été déterminés, et surtout le groupement de ces pollens en 3 séquences : de 300 à 160 (3), de 430 à 500 (6), de 570 à 620 (7), à côté de quelques pollens isolés dans les niveaux 250, 300, 320 et 710.

L'histoire d'Aquitaine et de Saintonge étant bien connue (L. AUZIAS, 1937, C. HIGOUNET, 1968, p. 185 ; M. ROUCHE, 1976), et celle de la vigne et du vin ayant fait l'objet des travaux de R. DION. (1959) et H. ENJALBERT (1975) on pouvait rechercher si les pollens rencontrés témoignaient de périodes d'expansion régionale de la culture de la vigne. Pour N. PLANCHAIS, la vigne sauvage a régressé ou disparu au cours du Sub-Boréal dans les plaines de la Loire.

* Les kystes de Dinoflagellés (ou Hystricosphères) constituent un indicateur plus sensible des variations du niveau de la mer. (M.T. MORZADEC - KERFOURN, 1974, p. 23 ; 1978)

* A tel point que l'on avait d'abord cru pouvoir placer l'ensemble de la sédimentation dans le Sub-Atlantique. Dès le Néolithique, les cultures étaient répandues près des Marais Charentais, comme le montrent les fouilles des dolmens, à la Sauzaie entre autres. (J.P. PAUTREAU et coll., 1974)

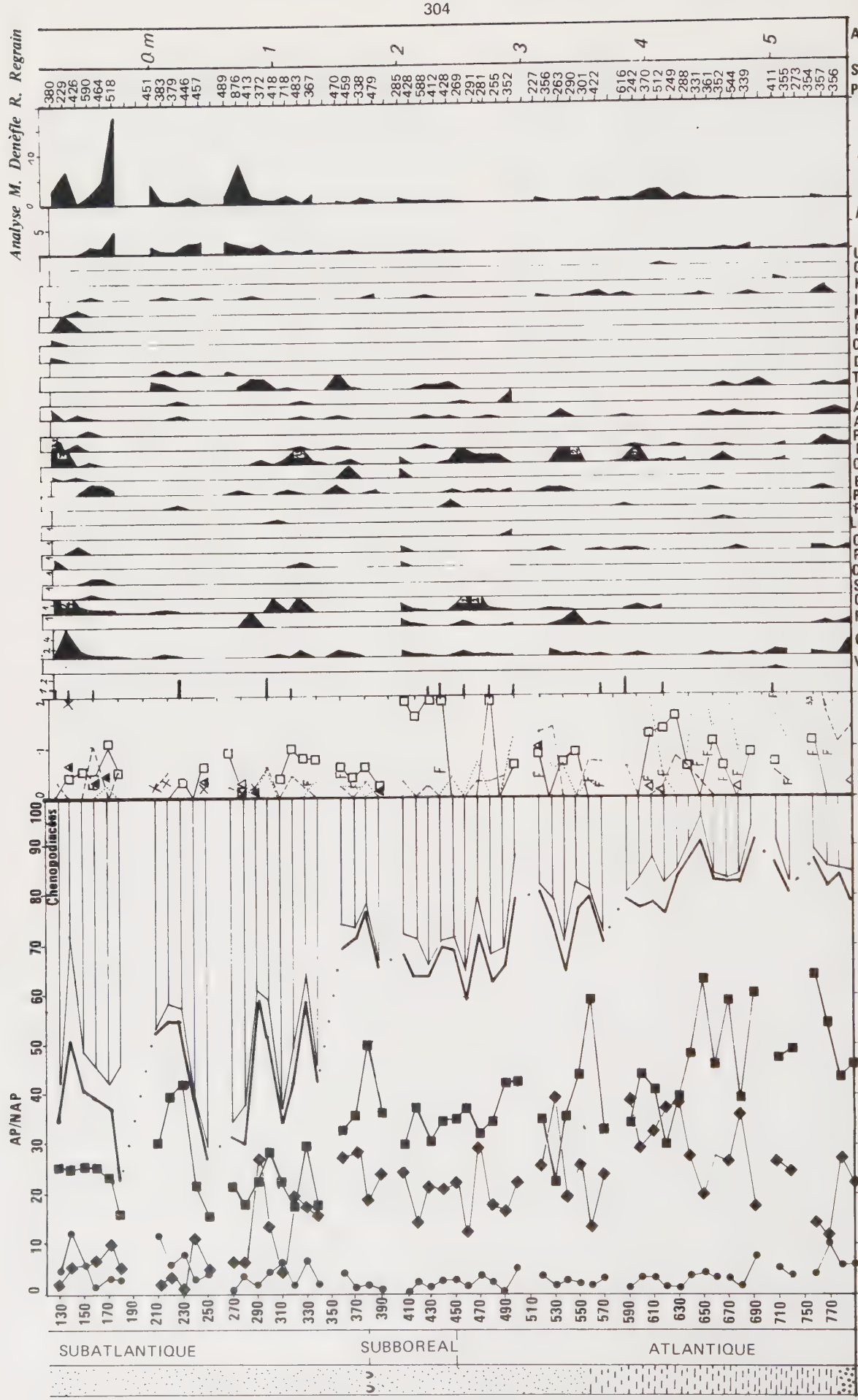


Figure 205 : Diagramme pollinique de St-Jean d'Angle

En Saintonge, M. F. DIOT (1969) ne rencontre *Vitis* que dans la pluie pollinique actuelle.

Le diagramme de Saint-Jean d'Angle montre *Vitis* dès la base, c'est-à-dire l'Atlantique ; l'existence d'un refuge de *Vitis* au cours du Sub-Boréal pourrait trouver argument dans le fait que le niveau 590 comporte 4 pollens de vigne. Ce nombre important peut s'expliquer par la présence proche de *Vitis* sauvage, espèce fournissant assez de pollen, ou par une exploitation importante de Vitis cultivée ; en accord avec N. PLANCHAIS et R. DION pour lesquels le vignoble saintongeais est d'âge historique, nous adopterons la première hypothèse.

Les pollens de *Vitis* des niveaux 320, 300, 260, 250 peuvent provenir de plants de vigne sauvage, mais la présence d'un vignoble gaulois dans cette région ne peut être exclue, les liens commerciaux avec la République Romaine pouvant être attestés par de nombreux fragments d'amphore découverts dans la région, en particulier sur le site à sel de la Petite Aiguille par C. GABET (1973a). Quoi qu'il en soit, à côté des vignobles inclus dans l'économie d'échange qui ont effectivement pu se développer alors, des vignobles locaux suffisants pour la consommation «familiale» ont pu exister. Dans la mesure où le pollen de *Vitis* se disperse assez peu, il est possible que le coteau et le plateau, vers Saint-Jean d'Angle aient porté quelques parcelles de vigne dès l'époque gauloise, comme il en subsiste actuellement.

Ensuite, *Vitis* disparaît alors que l'activité humaine est attestée : cela pourrait correspondre à la période séparant l'interdiction de la culture de la vigne par Domitien (62 ap. J.C) de son autorisation par Probus (276 ap. J.C) ; même si cette interdiction fut respectée (M. ROUCHE), l'absence de pollens de *Vitis* sauvage reste énigmatique.

Concernant Vitis, on pourra estimer plausible, d'après ce sondage :

a) que la Saintonge littorale a pu jouer le rôle de site refuge de Vitis au cours du Sub-Boréal.
b) que le vignoble saintongeais est né de ce Vitis sauvage ; son développement pouvant être associé à des périodes d'expansion économique et de paix régionale.

4 - LE SONDAGE DE LA CABANE DE LA GROIE à GENOUILLÉ

Le sondage de la Cabane de la Groie a été effectué à la sonde Dachnowski en 1972*, à 50 m au sud-ouest du carrefour de la route de Muron à Tonnay-Charente et du chemin qui mène à Nolon et Luez.

a) Le sondage

Le sondage a montré :

- 0 - 40 cm : bri gris vert compact, surmonté de 3 à 5 cm de «tourbe» fibreuse,
- 40-60 cm : bri gris vert avec nodules de calcaire et de gypse, taches d'oxydo-réduction,
-60-250 cm : bri limoneux, bleuté, quelques rares fragments de Scrobiculaires,
- 250-660 : bri bleuté, plastique à moyennement compact

* En compagnie de J. WITECKI, que nous remercions.

** Qu'elle trouve ici l'expression de nos remerciements.

b) L'analyse palynologique

L'analyse palynologique a été réalisée entre 1973 et 1978 par Mlle J. COHEN au L.A. 141 du CNRS **. La méthode de préparation est la même que pour le sondage de St-Jean d'Angle ; malgré les concentrations, de nombreux niveaux se sont montrés pauvres en pollens : de 0 à 50 cm, entre 410 et 450 cm.

Le diagramme pollinique *(figure 207)* montre que *Quercus* est l'espèce dominante des forêts de l'Aunis ; la courbe des A.P. (pollens d'arbres) est parallèle à la courbe de *Quercus,* sauf à la base (660 - 610) et lorsque *Pinus* prend quelque ampleur. Le grand développement des Spores montre la situation «continentale» de ce golfe de Luez, situé au nord-est du bassin de Muron *(figure 203)* ; les Chénopodiacées jouent un rôle plus modeste que dans les sondages précédents : 20 à 25 % des pollens en moyenne.

On peut distinguer trois époques dans ce spectre :

1) de 600 à 190, le paysage est boisé (AP = 40 à 50 % de la somme pollinique) ; les défrichements de la partie centrale se font surtout aux dépens de *Quercus,* les autres espèces étant peu affectées ; espèces de lumière, rudérales et Graminées attestent d'une présence humaine assez forte au milieu de cette «époque».

2) de 190 à 110, le paysage forestier et herbacé se modifie peu ; l'essentiel du recul apparent de la fréquence des AP est dû à une augmentation des Chénopodiacées, qui passent de 22 à 48 % environ de la somme pollinique.

3) au-dessus de 110, la forêt commence à disparaître entre de vastes clairières : elle ne représente plus que 25 % des pollens. La composition change : *Pinus* est plus fréquent que *Quercus,* que ces pollens proviennent de conditions de sédimentation favorisant les pollens anémophiles (M.T. MORZADEC-KERFOURN, 1974, p. 82) ou flottant bien (T. NILSSON, 1960, p. 242), point de vue actuellement contesté (F. HEYVAERT, 1979), de la forte représentation de *Pinus* dans le paysage (A. BAN et M. ALEXANDRU, 1972, p. 150), ou plutôt de l'existence d'une pinède littorale (N. PLANCHAIS, 1971, p. 42).

Une analyse plus détaillée du diagramme pollinique permet de mettre en évidence cinq phases :

a) de 660 à 610, *Quercus* domine, *Alnus* et *Corylus* ont des pourcentages comparables, *Pinus* est peu représenté, *Ulmus* connaît son maximum.

b) de 600 à 390 : *Quercus* domine mais diminue. *Pinus, Alnus* et *Corylus* sont à peu près également représentées ; *Fagus* et secondairement *Abies* sont présents.

c)de 390 à 250, *Quercus* domine et croît, alors que *Corylus, Alnus, Pinus, Ulmus* et *Tilia* commencent à décroître, ainsi que *Fagus* à la fin de la période.

d) de 250 à 110, la composition de la forêt varie peu, mais le climat semble, au moins localement, être plus humide : *Salix* croît, *Alnus* devient plus fréquent, *Fagus* dépasse 2 à 3 % puis diminue définitivement ; *Ulmus* et *Tilia* disparaissent ; cependant quelques pollens de *Quercus* type *Ilex* (2 à 3 %) persistent durant cet épisode.

e) de 110 à 50, la croissance de *Pinus,* le recul de *Quercus, Corylus, Alnus,* la chute de *Fagus,* la présence

de *Picea, Fraxinus, Castanea (?)* indiquent un climat assez tempéré, alors même que la forêt recule et que les plantes de lumière (Graminées, Composées, *Artemisia,* etc...) se développent dans des clairières où pullulent les Fougères.

L'interprétation chronologique du sondage de Luez est relativement aisée, si l'on s'en tient à l'opinion de M. COUTEAUX (1970, p. 693) pour lequel la présence de *Fagus* caractérise le Subatlantique. La courbe de *Fagus* est continue tout au long du diagramme ; la présence d'*Abies,* de *Vitis,* l'abondance des Graminées sont des arguments supplémentaires.

Ce sondage témoigne donc d'un ancien chenal de marée récemment colmaté, le chenal de la Petite Flandre - Cabane des Verneuils (p. 178-180). La région ayant été endiguée dès le XVIIème siècle (supra, p. 132) et les niveaux supérieurs du diagramme pollinique étant à 50 cm, on peut estimer que la sédimentation s'est effectuée durant deux millénaires.

L'étude des courbes granulométriques *(figure 208)* suggère qu'à une sédimentation de type logarithmique à faiblement parabolique (580 à 280) succède une sédimentation différente, qu'exprime une courbe de type parabolique avec un développement sensible d'une partie rectiligne (plus de 50 % de l'échantillon entre 12 et 20 micromètres). Ce sédiment bien trié témoigne d'un milieu agité par un courant dont la vitesse maximale est constante, comme un courant de marée dans un chenal. Par contre, les courbes représentant le bri profond rappellent le bri du bossis de Saint-Jean d'Angle (p. 281), associé à un milieu de sédimentation assez calme.

On peut donc interpréter la partie profonde du sondage (à partir de 1,80 m) comme résultant de l'accrétion d'une slikke ou d'un schorre, la partie supérieure étant marquée par un chenal de marée.

Dès lors, deux interprétations peuvent être données quant aux variations du rapport AP/NAP, entre les niveaux 550 et 250.

a) Ce recul des pollens d'arbres, qui ne provient pas de l'extension des Chénopodiacées, est dû à l'activité humaine, dont témoignent le développement des Graminées, l'apparition de *Juglans,* l'importance de *Vitis.* Est-ce le témoignage de la prospérité de l'Aunis pendant l'époque gauloise (nombreux sites-à-sel), voire gallo-romaine ? Dans cette hypothèse, la déprise humaine correspondant aux débuts du Moyen-Age expliquerait la reprise des pollens arboréens.

b) D'après les observations de M.F. HUAULT (1979) et F. HEYVAERT (1979), le recul des pollens arboréens pourrait s'expliquer par le fait que la slikke se transforme en schorre (comme entre 210 et 110 par exemple). Mais il manque ici une augmentation de la fréquence des Chénopodiacées pour que cette hypothèse puisse être retenue.

Le sondage de la Cabane de la Groie montre donc une sédimentation assez rapide sur une slikke, plus de 5 m en 2000 ans, soit 2,5 cm/an - valeur observée actuellement en Baie de Somme, par exemple - ; cette sédimentation se poursuit ensuite, mais la présence d'un chenal de marée empêche d'être affirmatif d'après ce seul sondage.

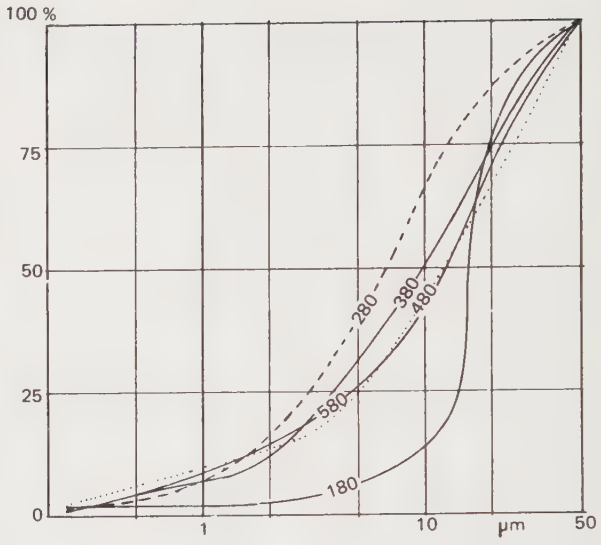


Figure 208 : Courbes granulométriques du sondage de la Cabane de la Groie.

5 - LE SONDAGE DE LUEZ, à GENOUILLÉ

Le sondage de Luez, commune de Genouillé, a été effectué à la sonde Dachnowski en 1973 * . Implanté dans une poche de marais, située entre les presqu'îles de Nolon à l'ouest et de Lillard à l'est, dans l'axe d'une petite dépression associée à un ancien chenal de marée, ce sondage était destiné à explorer les phases anciennes de sédimentation ; l'absence de sites à sel autour de cet ancien golfe pouvait laisser espérer que le colmatage en était achevé à la fin de l'Age du Fer.

a) Le sondage

Ce sondage montre deux ensembles sédimentaires de part et d'autre du niveau 440, que l'analyse granulométrique a mis en évidence :

- 0-70 : bri gris beige compact,
- 70-90 : bri gris beige avec marbrures et nodules calcaires,
- 90-390 : bri bleu, fin, rares coquillages (médiane de 1 à 2 micromètres) ; courbes granulométriques de type logarithmique,
- 440-490 : bri bleu, plastique, grossier (médiane 10 micromètres), faciès parabolique pour les parties limoneuses,
- 540-740 : bri bleu plastique, assez grossier (médiane 5 micromètres), courbes à faciès non-logarithmiques (sigmoïdes ou paraboliques) ; rares coquillages.

b) L'analyse pollinique **

L'analyse pollinique et le diagramme *(figure 209)* ont été effectués en 1978 au Centre de Géomorphologie du CNRS à Caen, par Mme M. CLET. Les échantillons

* En compagnie de J.L. REGRAIN, que nous remercions.

** M. le Doyen JOURNAUX a bien voulu accepter de faire procéder à ces analyses, dans des délais assez rapprochés. Qu'il en soit remercié, ainsi que ses collaborateurs. Mme CLET a commenté ses propres résultats d'analyse et nous l'en remercions.

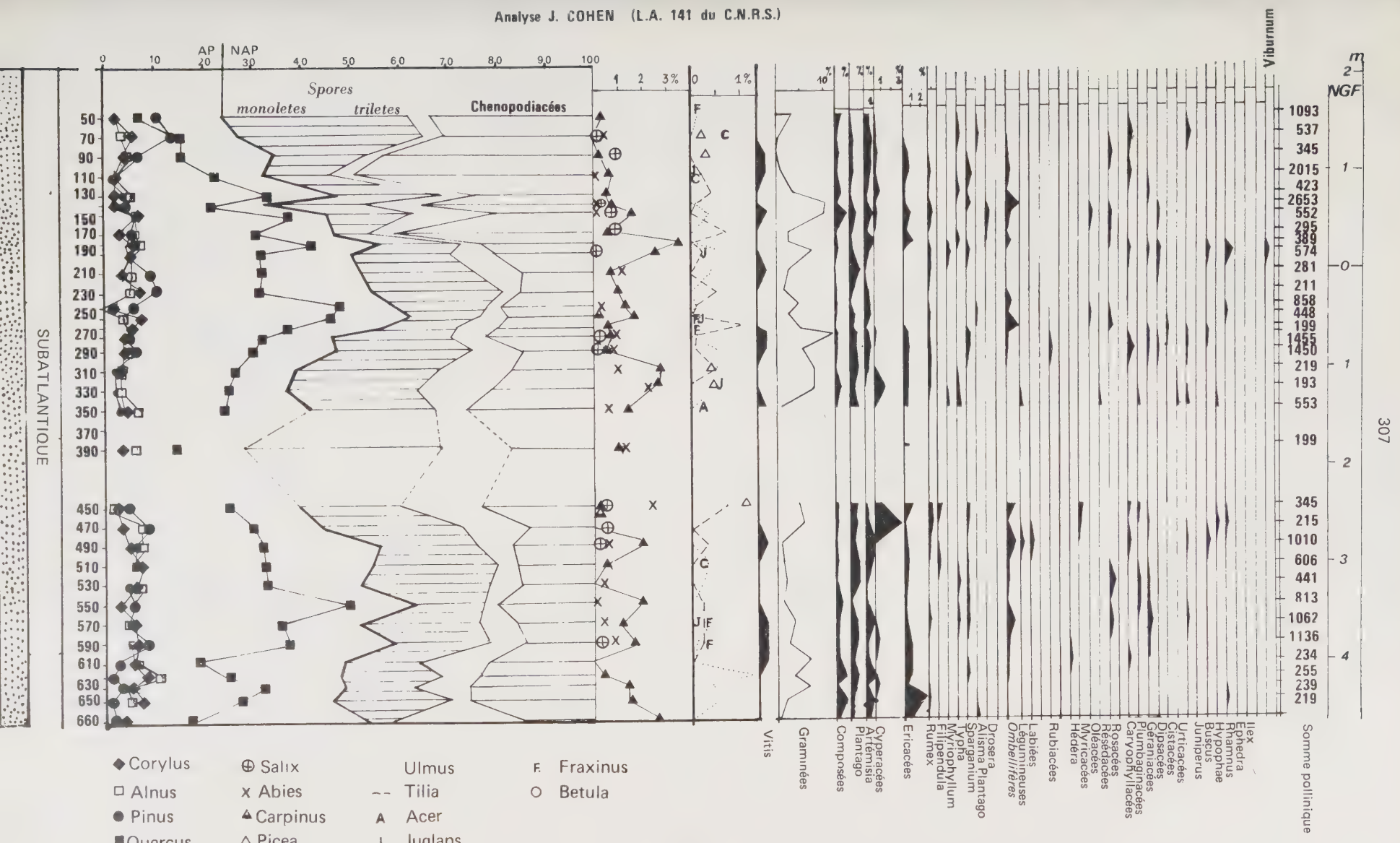
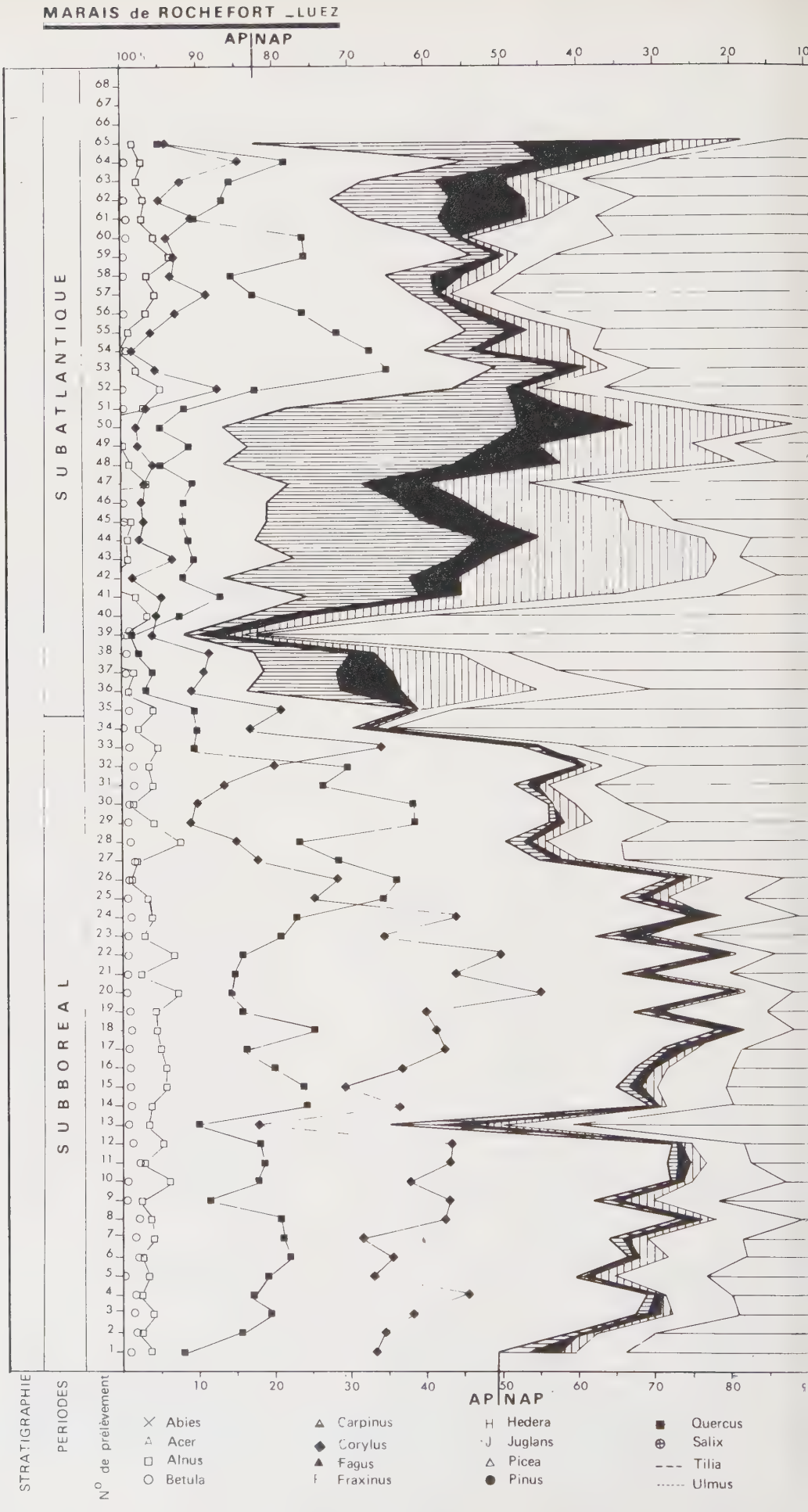


Figure 207 :
Diagramme pollinique de la Cabane de la Groie


MARAIS de ROCHEFORT _LUEZ
AP|NAP
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
SUBATLANTIQUE
SUBBOREAL
STRATIGRAPHIE
PERIODES
N° de prélèvement
AP|NAP
10
20
30
40
50
60
70
80
Abies
Acer
Alnus
Betula
Carpinus
Corylus
Fagus
Fraxinus
Hedera
Juglans
Picea
Pinus
Quercus
Salix
Tilia
Ulmus

Chénopodiacées
Spores monolètes
Polypodium
Pteris
Graminées Céréales
Composées tubuliflores
Composées liguliflores
Artemisia
Ericacées
Armeria
Plantago
Rumex
Ombellifères
Geraniacées
Valerianacées
Crucifères
Galium
Oenotheracées
Filipendula
Renonculacées
Sparganium
Cyperacées
Botrychium
Sphagnum
Labiées 0,3
Liliacées 0,4
Thalictrum
Vitis 0,4
Borraginacée
Vitis 0,2
Vitis 0,2
Vitis 0,2
Myriophyllum 0,2
Vitis 0,2
Vitis 0,6
Vitis 0,2
Vitis 0,3
Vitis 0,2
Vitis 0,5
Vitis 0,2
Vitis 0,2
Vitis 0,4
Labiées 0,2
Somme pollinique
Profondeur
1 m

ont été préparés par la méthode de FRENZEL, améliorée par B. BASTIN et M.COUTEAUX (1966, p. 201) mais on n'a procédé qu'à deux agitations dans la liqueur de Thoulet (au lieu de trois) : cette simplification pratique a néanmoins permis de déterminer plus de 150 pollens, sauf dans les derniers niveaux.

Le spectre pollinique montre 6 épisodes que l'on peut regrouper en 2 périodes principales :

a) Echantillons 1 à 24 ; 740 à 510 cm

A la base du sondage, la forêt domine (49,9 à 80,1 %), à l'exception du niveau 13 (620 cm) par suite de l'augmentation des Chénopodiacées. *Corylus* domine (30 à 55 %), puis *Quercus* et *Alnus ; Betula* et *Pinus* présents mais rares (moins de 3 %) *Carpinus* est présent de façon continue, *Fagus* sporadique à la base.

Les Herbacées sont peu abondantes : Chénopodiacées (33 à 10 %), Graminées assez nombreuses (3 à 8 %), accompagnées d'*Artemisia, Plantago,* Ombellifères, etc... ; elles indiquent l'existence d'un schorre et de vastes clairières sur le continent, où croissent Fougères, Céréales et même *Vitis.* Cette série assez homogène est interrompue (échantillon 14, niveau 620) par une extension brutale (et brève) des Chénopodiacées, suivies des Fougères et de *Plantago.*

b) Echantillons 25 à 32, 500 à 430 cm

Les Chénopodiacées se font de plus en plus nombreuses, et, dans la forêt, *Quercus* l'emporte sur *Corylus ; Tilia* devient sporadique ainsi que *Vitis* ; les plantes d'eau douce (*Myriophyllum, Sparganium*) disparaissent. La reconquête forestière paraît s'achever ; à proximité un schorre se développe, avec de nombreuses *Chénopodiacées* ; quelques espèces d'eau douce croissent dans des marécages proches.

c) Échantillons 33 à 39, 420 à 360 cm

Alors que les niveaux précédents étaient assez voisins, ici le diagramme change : la forêt recule véritablement. Ce recul est dû, mais en partie seulement à la poussée des Chénopodiacées : le phénomène principal est le développement des Fougères chez les Herbacées, alors que dans la forêt, *Corylus* dépasse à nouveau *Quercus, Alnus* décroît, ainsi que *Pinus* : des clairières s'ouvrent avec des bosquets de noisetiers, des Fougères, des Céréales, des Cyperacées ; *Vitis* disparaît. Les Chénopodiacées montrent deux maximas, à 410 (65 %) et 360 cm (82,3 %).

d) Échantillons 40 à 52 (350 à 230)

Les pollens d'arbres atteignent environ 18 % de la somme pollinique : *Quercus* domine (moins de 13 %) *Pinus* s'affirme, *Tilia* et *Carpinus* ont presque disparu. Pour la première fois, les Chénopodiacées ne sont plus majoritaires chez les Herbacées, dépassées par les spores de Fougères (*Dryopteris* sans doute, *Polypodium* et *Pteris*) ; les Cypéracées sont assez nombreuses.

Dans un milieu très déboisé, les Graminées se font discrètes alors que les Fougères dominent ; le schorre semble être plus réduit qu'aux épisodes précédents.

e) Échantillons 53 à 64, 220 à 110 cm

La forêt reprend (AP de l'ordre de 40 %), mais diminue vers le sommet. *Quercus* atteint 35 %, *Pinus* connaît ses plus forts pourcentages (3 à 9 %), *Fagus* réapparaît de façon continue ; de nouvelles espèces : *Fraxinus, Juglans* marquent la fin de cet épisode. Les Chénopodiacées dominent à nouveau le spectre des Herbacées, aux dépens des Fougères, mais aussi des Graminées ; *Plantago* par contre se développe (11 % à 150 cm).

Le milieu est celui d'une chênaie quasi exclusive, en bordure du littoral, avec un schorre très élevé (poussée de *Plantago),* à une époque où le rôle de l'Homme paraît modeste (peu de Céréales, pas de *Rumex* ni de *Vitis*): tel paraît le paysage caractéristique de cette avant-dernière période.

f) Échantillon 65, vers 100 cm

Le dernier échantillon suffisamment riche en pollens pour permettre d'établir des pourcentages montre une situation voisine de la période d : *Corylus* dépasse *Quercus,* les Chénopodiacées régressent au bénéfice des Fougères.

La partie inférieure du sondage de la Cabane de la Groie, jusque vers 410 cm se marque par :

- un paysage relativement boisé où Quercus et Corylus dominent tour à tour ; Ulmus et Tilia régressent à la partie supérieure ; Carpinus est présent de façon continue ; Vitis est assez fréquent. La présence d'une chênaie mixte, passant progressivement à une chênaie où Quercus domine seul, la présence continue de Carpinus caractérisent le SUBBOREAL, en Bretagne comme à St-Jean d'Angle et en Gironde.

- une situation en bordure d'un schorre, mais dans une région encore assez humide (plantes dulçaquicoles).

La partie supérieure du diagramme, au-dessus de 400 - 410 peut être rapportée au SUBATLANTIQUE : on y observe en effet :

- un fort déboisement, accompagné de l'extension des Fougères et de Corylus.

- l'apparition d'espèces caractéristiques ; Juglans, Fraxinus, Fagus, associé à un retour de l'humidité ambiante sur les sols calcaires de l'Aunis.

Pourtant, il est surprenant que les témoignages du rôle de l'Homme soit si modestes dans ce diagramme.

L'évolution du paysage forestier de la Charente (actuellement) littorale peut être schématisée ainsi :

- Pendant la période Atlantique, de 7800 à 5700 BP environ (VIº - IVº millénaires), la Chênaie mixte domine (environ 80 % de la somme pollinique), Quercus représentant largement la moitié des arbres ; Corylus est peu représenté, Ulmus, Tilia et Fraxinus sont peu nombreux ; Alnus croît au cours de la période, attestant la tonalité humide du climat.

- Pendant le Subboréal (5700 - 3000 BP ; jusque vers les XVI -Xè siècles av. J.C.) , la chênaie recule, sous l'influence des défrichements des populations du Néolithique et de l'Age du Bronze. Alors qu'Ulmus et Tilia reculent, que Fagus se fait très rare, Quercus couvre l'essentiel des forêts où Quercus type Ilex s'affirme ainsi que Carpinus : les boisements actuels de Quercus type Ilex pourraient remonter à cette époque.

- Pendant le Subatlantique (depuis les XVI-Xè siècles av. J.C. environ) les défrichements progressent, Pinus, Fagus, Abies, s'affirment ; alors que Quercus domine toujours, Ulmus reprend, mais Corylus, Betula, Alnus sont peu représentés.

Le sens général de l'évolution se fait donc vers une forêt de moins en moins importante dans le paysage , Quercus sp et Quercus type Ilex, abondant, Fagus, Alnus; Corylus, etc... plus rares. Il est vrai que la surreprésentation des Herbacées, et particulièrement des Chénopodiacées, masque sans doute en partie bien des variations temporaires dans la composition floristique de la forêt.

Les résultats des analyses charentaises peuvent être comparés avec les données établies sur le Bordelais et la plateforme continentale par les chercheurs de l'I.G.B.A., en Charente par M.F. DIOT, dans la vallée de la Loire par L. VISSET, (1972, 1977) en Bretagne par M.T. MORZADEC - KERFOURN (1974) voire en Normandie par H. ELHAI (1963) et M. CLET - PELLERIN et coll. 1977. En Charente, au cours de l'Atlantique, si Pinus, Alnus et Tilia ont parfois des pourcentages voisins, comme en Bretagne et en Gironde, Alnus est plus abondant qu'à Gizeux en Indre-et-Loire (N. PLANCHAIS, 1967). Au cours du Subboréal, la nuance plus sèche du climat est bien marquée par Quercus type Ilex, mais Alnus, pourtant bien représenté est moins abondant qu'en Normandie. Au Subatlantique, Ulmus est moins fréquent dans le paysage charentais qu'en Gironde ou en Normandie, Tilia a pratiquement disparu. Mais il ne s'agit là que de discrètes nuances.

V - LES RYTHMES DE LA SÉDIMENTATION DU BRI

L'ensemble des analyses polliniques permet non seulement de fournir quelques jalons de l'histoire de la végétation en Charente littorale, mais aussi de tenter de retrouver quelques-unes des phases principales du remblaiement des marais, comme M.T. MORZADEC - KERFOURN (1974) l'a montré récemment pour l'Armorique. Il semble, en effet, que si les pollens d'arbres représentent surtout le paysage régional, les pollens d'arbustes et surtout d'Herbacées sont des indicateurs précieux pour les événements locaux, au voisinage même du point de sondage. Les études sur la pluie pollinique actuelle, menées en particulier par M.F. HUAULT en Baie de Somme (1979) le montrent bien : dans ce cas particulier le passage du schorre à la slikke se marquerait par une augmentation relative des pollens d'espèces arboréennes car l'apport pollinique local est réduit (végétation moins dense que sur le schorre);F. HEYVAERT (1979) est parvenue à des conclusions voisines.

D'autre part, M. TERS (1973, pp. 114-135) a établi une courbe des variations du niveau marin depuis 10.000 ans le long du littoral atlantique français s'appuyant en partie sur des documents provenant du littoral charentais pour la période récente, depuis 2500 BP. P. PIRAZZOLI (1976) a été amené à nuancer certaines conclusions pour les deux derniers millénaires, et F. TASSAUX (1976) s'est attaché à retracer les vicissitudes des lignes de rivage à l'époque romaine en Charente Maritime, poursuivant et actualisant les recherches de C. GABET (1958 à 1976 a).

Il est donc intéressant de confronter, sur un espace assez restreint, les apports de la palynologie, de la sédimentologie, de l'archéologie, de la radiochronologie pour essayer de retracer la dynamique du remblaiement.

I - L'APPORT DE LA PALÉONTOLOGIE : ÉTUDE DES FORAMINIFERES.

Seul le sondage de la Jonchère, à St-Jean d'Angle, a fait l'objet de déterminations de foraminifères *.

Deux espèces de foraminifères dominent à la Jonchère : *Jadammina polystoma* à la partie supérieure et *Protelphidium paralium* à la partie inférieure ; le sondage peut être décrit ainsi : *(figure 210).*

à 10 cm	: *Jadammina polystoma* rares
10 à 125 cm	: peu de Foraminifères, rares *Trochammina inflata*
125 à 290 cm	: *Jadammina polystoma* assez abondant avec *Trochammina inflata* et *Protelphidium paralium* rares.
290 à 370 cm	: *Jadammina polystoma* est très rare, *Trochammina inflata* disparaît, *Protelphidium paralium* devient plus abondant accompagné d'*Ammonia tepida* et *Elphidium articulatum.*
370 à 780 cm	: *Protelphidium paralium* et *Ammonia tepida* sont très abondants, *Elphidium articulatum* rare.

La *figure 210* schématise cette évolution. Les espèces caractéristiques du schorre, *Jadammina polystoma* et *Trochammina inflata* (G. LUTZE, 1968, *figure 4)* dominent à la partie supérieure. En contrebas, *Protelphidium paralium, Ammonia tepida, Elphidium articulatum* supportant une certaine dessalure caractérisent les mares ou les chenaux du schorre (M. ROSSET - MOULINIER, 1972) ; on trouve également ces espèces très fréquentes dans les milieux dessalés ou sursalés, mais soumis à de rares émersions, et A. LEVY (1971, p. 274 - 276) remarque que *Ammonia beccarii var. tepida* et

Figure 210 :

Diagramme schématique de fréquences des foraminifères de St-Jean d'Angle

* Madame M. ROSSET, du Laboratoire de Géologie de l'Ecole Normale Supérieure, a bien voulu examiner quelques échantillons de ce sondage pour y déterminer les Foraminifères ; nous l'en remercions.

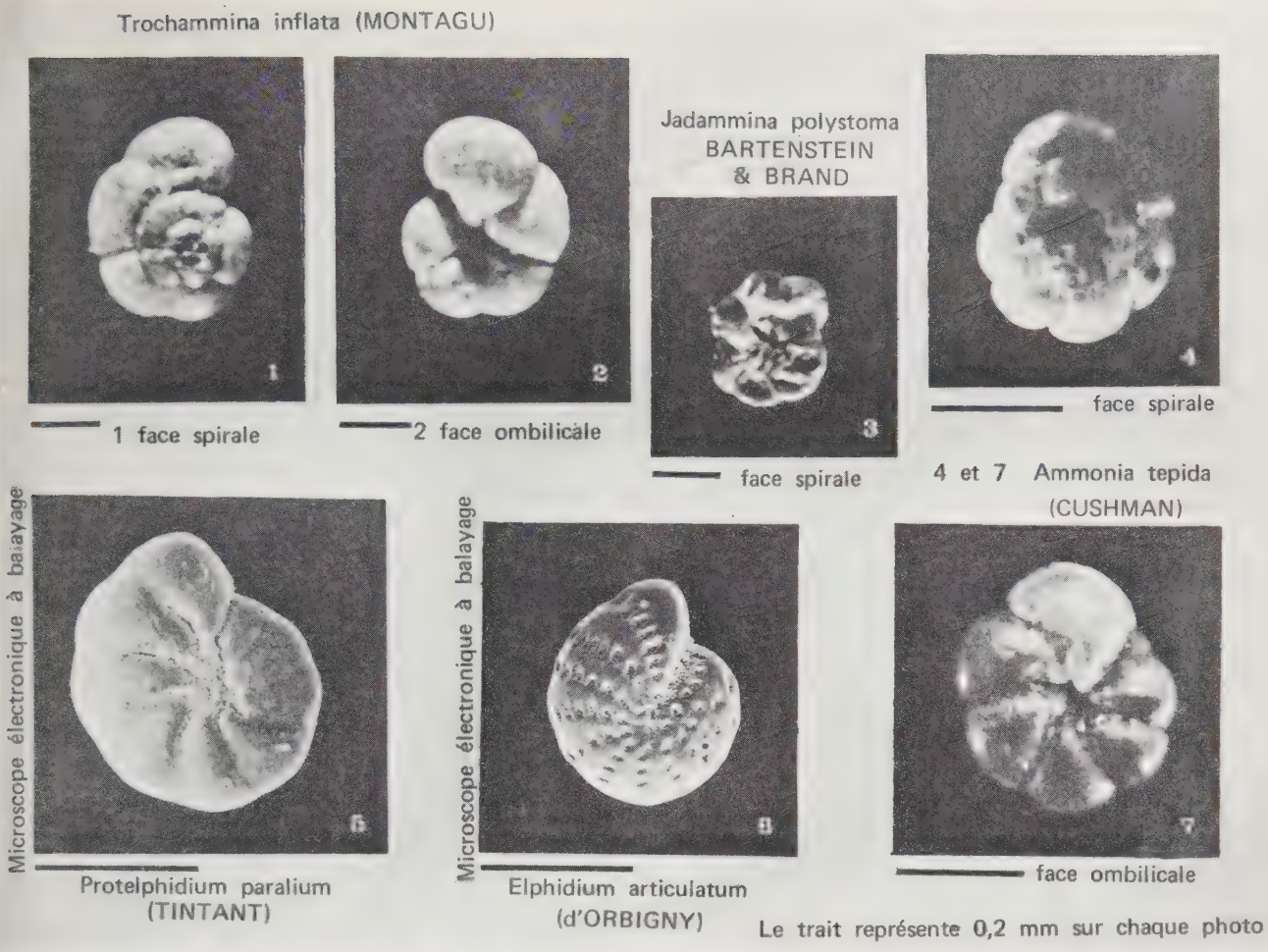


Figure 209 :

Foraminifères du sondage de St-Jean d'Angle
(Clichés Laboratoire Géologie E.N.S. Montrouge

Protelphidium depressulum «espèces qui supportent le mieux la dessalure sont précisément celles qui résistent le mieux à la sursalure». On a résumé ces habitats sur la *figure 211* inspirée de LUTZE, 1968.

L'analyse de ce sondage montre donc trois épisodes, les profondeurs 2,90 m et 3,70 m en marquent les limites :

a) de 7,70 m à 3,70 m, le milieu est dessalé (de l'ordre de 0 à 0,10 g de NaCl par litre) sans alimentation en tests de foraminifères marins ou littoraux. Le milieu pourrait correspondre à celui d'une lagune littorale dans laquelle les incursions marines sont rares ou très atténuées.

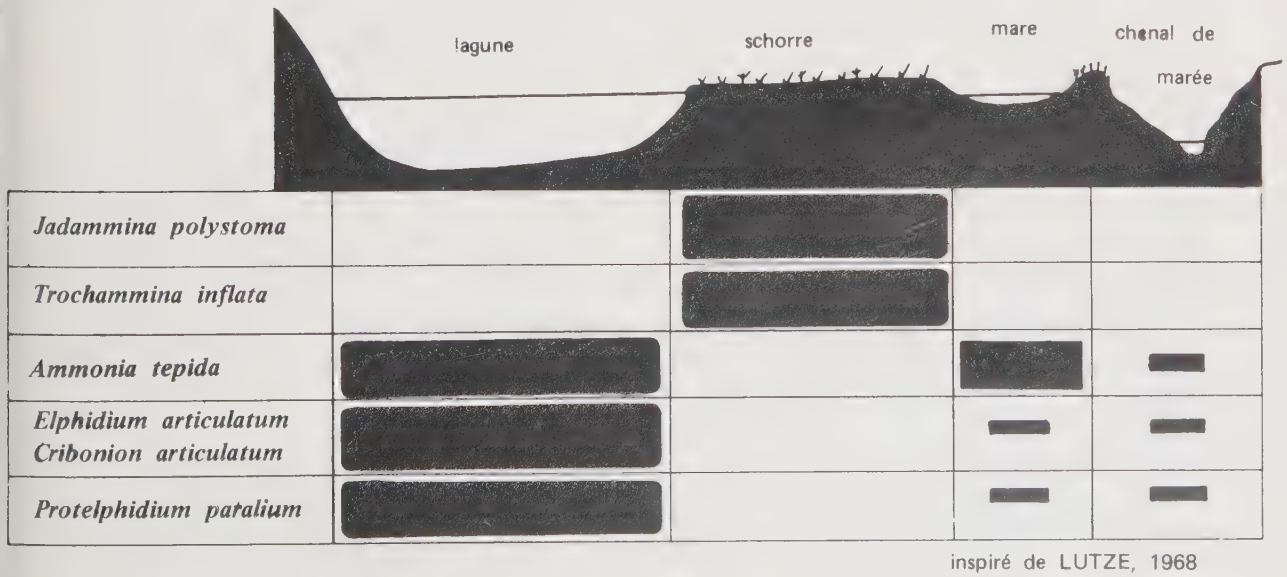


Figure 211 :

Sites écologiques des foraminifères de St-Jean d'Angle

b) de 3,70 à 2,90 m, la région est recouverte sporadiquement par la marée : il s'agit vraisemblablement d'un schorre entrecoupé de nombreux chenaux (population typique de foraminifères arénacés *Trochamminidae, A. tepida*) qui couvre progressivement la région (croissance de la fréquence des Chénopodiacées à la fin de la séquence).

c) Au-dessus de 2,90 m, le schorre persiste, mais la population de foraminifères évoquerait plutôt un chenal de marée dans lequel des courants s'opposent à la sédimentation locale importante des tests de foraminifères.

II - L'APPORT DE LA PALYNOLOGIE

a) Les sondages du Marais de Rochefort

L'interprétation des sondages du Marais de Rochefort est délicate. L'augmentation des Chénopodiacées qui accompagne le début du Subatlantique entre 110 et 170 à Luez, 410 à 360 à la Groie, soit vers 0,40 à 1 m NGF (schorre ?) et - 150 à - 210 NGF (slikke) est sans doute à rapporter à un niveau marin inférieur de 1 à 1,50 m au moins à l'actuel, où les schorres atteignent 2 à 2,50 m d'altitude NGF : ce serait «le bas niveau romain» (M. TERS, 1973).

Vers 620 cm de profondeur à la Groie (Subboréal) une brève poussée des Chénopodiacées peut être associée à un niveau moyen de la mer voisin de - 6 m NGF : il pourrait éventuellement s'agir de la pulsation succédant au «bas niveau de Belle-Ile-en-mer (vers - 8 m, vers - 2600 à 3000 BP)» de M. TERS ; on n'en retrouve pas d'écho à Luez.

Vers 640 cm de profondeur à Luez (4,30 m NGF), les Chénopodiacées s'affirment et persistent jusque vers la fin de l'Atlantique : ce «schorre» témoignerait d'un niveau marin situé au-dessous de - 6,5 m.

b) Le sondage de St-Jean-d'Angle (figures 205, 210 et 212)

Ce sondage a fait l'objet d'études paléontologiques et sédimentologiques. Les résultats des analyses paléontologiques (pollens, foraminifères) et des analyses granulométriques montrent une coupure fondamentale entre les niveaux 350 cm et 370 cm : à une lagune relativement isolée de la mer succède un schorre. Cette invasion a lieu dans une ambiance climatique un peu plus humide qu'à la partie inférieure.

A une sédimentation alternativement limoneuse et argileuse dans les horizons inférieurs (le bri se déposait à proximité d'une falaise entaillée dans les sables et argiles du Crétacé inférieur) se substitue une sédimentation fine, dans un milieu lagunaire ; l'ancienne falaise vive devenue falaise morte (au-dessus de 700 cm) ne fournit plus de sable.

Vers 350 - 370 cm, l'invasion marine se marque par une transformation de la population de foraminifères, des niveaux un peu plus riches en *Cardium*. La sédimentation continue jusque vers 260 - 290 cm ; l'invasion des Chénopodiacées qui représentent plus de 300 % des pollens d'arbres et l'abondance de *Jadammina polystoma* témoignent d'un schorre sans doute étendu.

La partie supérieure du sondage est d'interprétation délicate : peut-être l'installation d'un chenal de marée à proximité du sondage, ses migrations latérales ou l'évolution pédologique en sont-ils responsables ?

La *figure 212* rassemble les renseignements fournis par la calcimétrie, la granulométrie, l'analyse d'argiles, l'analyse palynologique (Chénopodiacées, époques), les foraminifères ; on y a joint un schéma mettant en évidence les niveaux plus compacts dans le bri.

La synthèse de toutes ces données montre trois phases majeures :

- de la base à 350 - 370 cm : sédiment fin, à faciès parabolique, calcaire, mis en place dans une lagune (foraminifères) située à proximité d'un schorre (20 % de Chénopodiacées en moyenne, de mieux en mieux représentés dans le diagramme) ; le niveau plus résistant vers 620-660 cm qui correspond à la fin de l'Atlantique atteste de l'existence d'un schorre.

- de 350 - 370 cm à 200 - 220 cm, la sédimentation est plus fine, dans un milieu de faible énergie : un nouveau schorre très riche en Chénopodiacées, lié à un horizon moins plastique, se développe au sommet de la séquence.

- de 200 - 220 cm au sommet : sédiments très fins, localement plus riches en smectites, milieu de type schorre ; l'évolution pédologique perturbe les horizons supérieurs (décalcification, oxygénation).

La partie inférieure (780 - 370 cm) correspondrait à une situation où la mer était assez lointaine du point de sondage : lagune isolée du large par une série de flèches littorales ; la partie moyenne (370 - 260 cm) correspond à une invasion du milieu par la mer, la partie supérieure marque l'établissement de l'estran, slikke puis schorre, au voisinage immédiat du sondage (figure 212).

Ce scénario est-il le résultat de causes locales ou peut-il se raccorder aux variations du niveau marin, telles que M. TERS (1973) les a retracées pour le littoral occidental de la France ? La profondeur à laquelle on a atteint le fond est peu différente de la profondeur moyenne du marais de Brouage en dehors des chenaux (- 28,5 m à Brouage, 7 à 10 m le plus souvent) (cf supra) On peut donc penser que la mer, lors de la transgression, a rencontré une topographie assez variée dans les marnes du Portlandien et les sables du Cénomanien inférieur (voire du Tertiaire ?) qui recouvraient le «bray» de Brouage. Les matériaux disponibles ont pu former des cordons successifs isolant des lagunes, surtout au voisinage des falaises sableuses internes. Une accélération dans la remontée a entraîné une immersion généralisée des anciennes lagunes et la progression d'un schorre, qui s'est ensuite exhaussé au rythme même de la transgression *(figure 213)*. L'évolution ainsi reconstituée concorde avec l'allure générale des courbes retraçant l'évolution du niveau de la mer au cours de l'Holocène **.

Si les datations suggérées par les spectres polliniques sont exactes, ces phénomènes peuvent être comparés par exemple à la courbe d'évolution du niveau de la mer de M. TERS (1973).

* On sait, (M. ERONEN, 1974, A. GUILCHER, 1976c, p. 127) que les datations fondées sur la palynologie peuvent être entachées d'erreurs dues au remaniement des pollens. On ne présentera donc la chronologie d'origine palynologique qu'avec les réserves d'usage.

**Courbes compilées in «Nivmer information», Paris, 1978, no 2 : 14 p ; no 3, 8 p. ; 1979, no 4, 14 p.

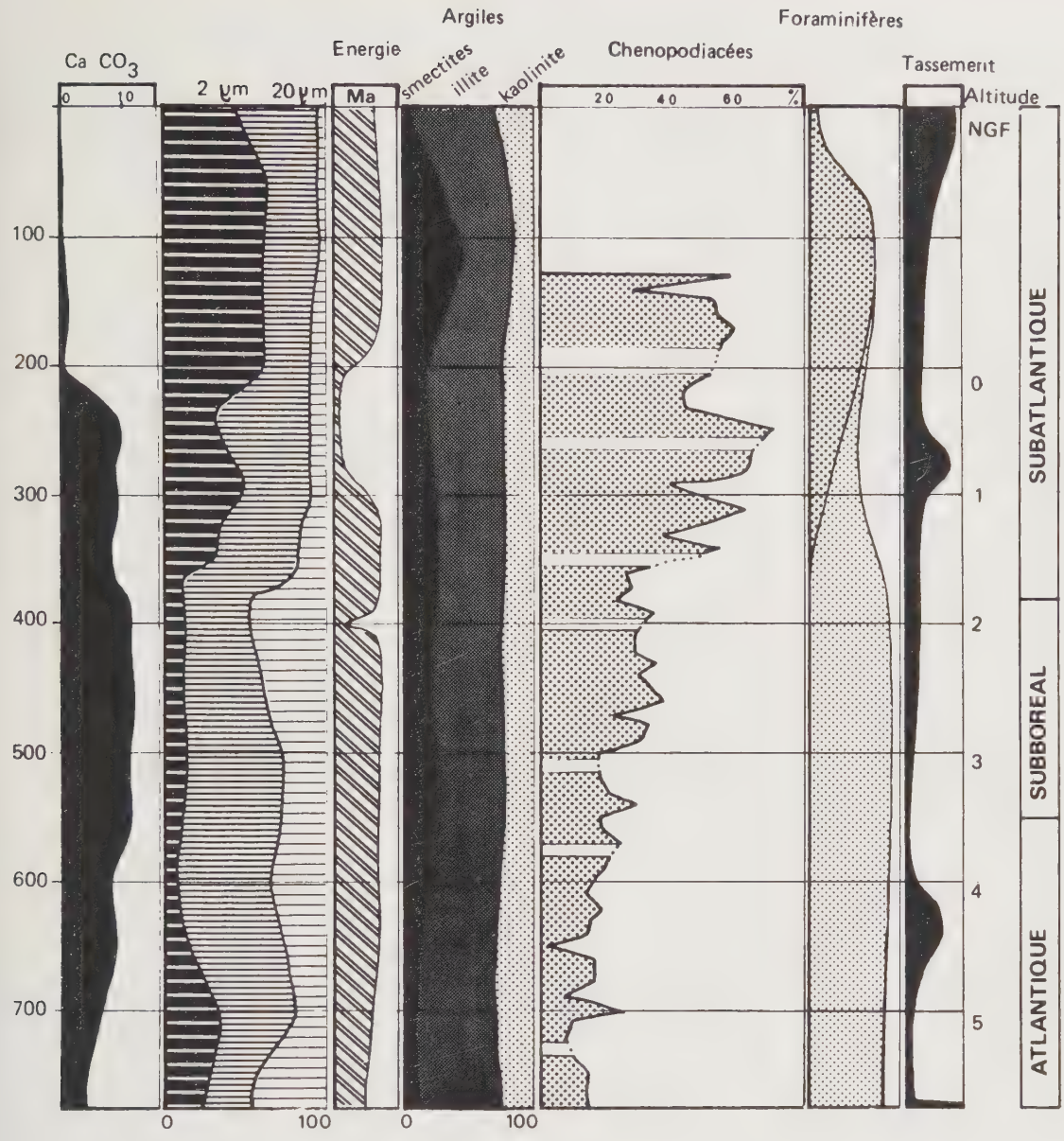


Figure 212 :

Le sondage de St-Jean d'Angle : caractères de la sédimentation

- Vers 650 cm (soit -4,40 NGF), un niveau plus résistant associé à un développement des Spores et des Polypodes témoigne d'un arrêt de la sédimentation, et d'une baisse du niveau moyen situé vers -7 m NGF, au moins en tenant compte du tassement probable. Ce phénomène peut être associé à la régression suivant le «haut niveau de Bréhec» (vers - 8 m, vers - 6500 BP). Toutefois, les Chénopodiacées se développent peu ; la progression des Rudérales (Graminées, Plantago), la présence de Vitis inciteraient plutôt à voir un effet de l'activité humaine (Néolithique). L'interprétation de cet épisode, qui remonterait à l'Atlantique reste donc énigmatique.

- Entre 350 et 200 cm, soit vers - 1,40 à - 0,10 NGF, on observe l'installation de foraminifères du schorre, une modification des faciès granulométriques, un recul des smectites, un niveau plus résistant (270 - 290 cm), un «pic» des Chénopodiacées. Autant d'indices du développement d'un schorre, succédant à une époque de culmination dans l'évolution du niveau des PMVE. En effet, la transgression apporte beaucoup de sédiments (dès 380 les faciès granulométriques changent) que la mer recouvre. Lors du début d'une transgression, les Graminées, *Plantago,* etc... caractéristiques des parties élevées du schorre sont remplacées par des Chénopodiacées supportant une plus longue submersion ; dans les lagunes proches, les espèces dulçaquicoles se développent, avant d'être submergées à leur tour par les Chénopodiacées. Dans le sondage de St-Jean d'Angle, le spectre des Herbacées montre de 380 à 230 cm des maximas successifs des Graminées, des Dulçaquicoles, de *Plantago* et des Chénopodiacées. Il semble donc que l'on puisse associer ces différents phénomènes à une légère transgression, prenant place entre 210 et 290 cm, soit vers - 60 à - 80 cm NGF ; il pourrait s'agir de la fin du

«bas niveau romain» ; cet épisode se serait achevé à St Jean d'Angle par un tassement du schorre (stabilité ou régression modeste ?).

Pour la partie supérieure du diagramme, le recul du schorre vers 210 - 230 cm, accompagné du développement des Graminées, des Composées et d'*Artemisia* est sans doute dû à l'activité humaine ; une invasion marine (éventuellement locale) ne peut cependant être totalement exclue, les plantes dulçaquicoles ne supplantant pas les Chénopodiacées. Par contre, vers 150 à 130 cm, le «pic» des Graminées, de *Plantago*, des Composées, des Cypéracées et des spores trouve peut-être son origine dans l'activité humaine.

L'interprétation des données sédimentologiques et palynologiques a conduit à formuler des **hypothèses** *concernant les coïncidences possibles entre la courbe de M. TERS (1973 et fig. 214) et des indices apparaissant dans les sondages. Dans ce but, on a accordé une place privilégiée aux Chénopodiacées, particulièrement fréquentes sur les schorres, nombreuses dans les diagrammes charentais ; elles sont conservées aussi dans les «argiles grises» des marais de la Vilaine par exemple (M.T. MORZADEC - KERFOURN, 1974, p. 92) où ce faciès est associé à un retrait de la mer. Il a semblé que les forts pourcentages de Chénopodiacées, de Graminées et de Plantago, éventuellement accompagnés de modifications dans la fréquence des dulçaquicoles pouvait témoigner de l'extension de schorres. Il est délicat de passer du niveau de ce schorre au niveau moyen de la mer, car l'altitude des schorres dépend davantage du niveau des pleines mers que du niveau moyen ; de plus, ce dernier est très influencé par la géométrie du bassin où oscille la marée, remontant ou s'abaissant de plus de 1 m suivant les endroits dans une même baie (D.W. JOHNSON, 1912 ; P. GIRESSE, L. DANGEARD, P. HOMMERIL, 1967, F. VERGER, 1972) comme l'étude des niveaux de marée en Mer des Pertuis l'a montré.*

La reconstitution de variations du niveau de la mer en fonction de l'évolution du spectre végétal reste donc hypothétique. Au demeurant, des modifications régionales du trait de côte, la rupture du cordon isolant une lagune par exemple, peut faire passer l'ambiance écologique d'un «pôle» dulçaquicole à un «pôle» saumâtre avec invasion de Chénopodiacées : une variation du niveau des pleines mers d'une trentaine de centimètres, par exemple, suffit pour qu'un schorre moins fréquemment couvert par la marée se tasse, que les Chénopodiacées se développent sur ce qui était la haute slikke, ou que, plus fréquemment inondé, un milieu de type haute slikke remplace le schorre. M. T. MORZADEC - KERFOURN (1974, p. 183) note «à partir de la fin de l'Atlantique, dès que (la) vitesse (de la transgression) se ralentit, il est très difficile de savoir si les nombreuses variations de la sédimentation sont dues à des oscillations de niveau marin ou à la construction, puis la rupture de cordons littoraux». On considérera donc ces conclusions comme tout à fait provisoires, d'autant que depuis la période Atlantique l'activité humaine interfère de plus en plus avec les changements naturels du milieu pour transformer la végétation.

Avec ces réserves, les sondages des Marais Charentais montrent :

un niveau de schorre (St-Jean d'Angle, Cabane de la Groie), vers - 4 m NGF au début du Subboréal.

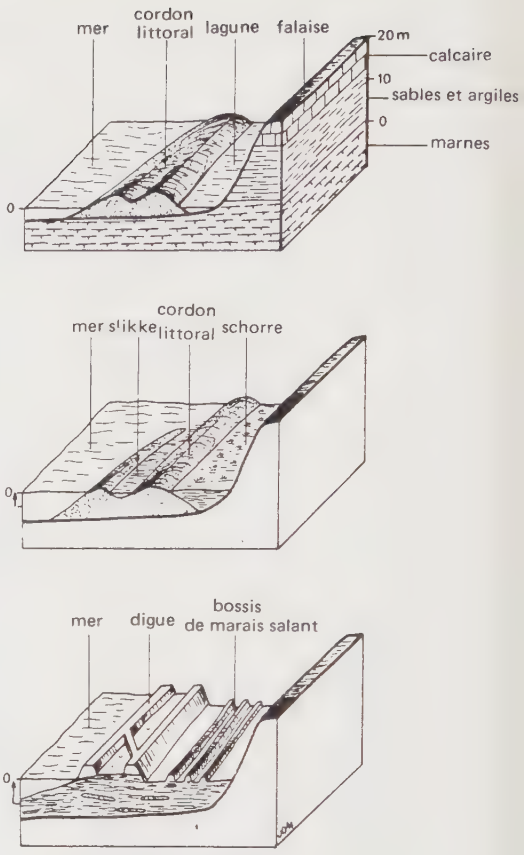


Figure 213 :

Cinématique du remblaiement des marais de St Jean d'Angle

- un niveau de schorre vers - 4 m (Cabane de la Groie), au cours du Subboréal

- des niveaux de schorre au milieu du Subatlantique, vers 0,4 m à Luez, 1 m à la Cabane de la Groie, 0,80 m à 0,60 m à St Jean d'Angle. Ces schorres sont vraisemblablement postérieurs aux schorres sur lesquels les sites à sel de l'Age du Fer (fin de l'Hallstatt, La Tène) ont pu s'établir ; ils pourraient donc être associés - si cette datation est confirmée - à un «bas niveau romain» : les datations au Radiocarbone et les documents historiques permettent une datation de plus en plus précise.

III - LES DATATIONS AU RADIOCARBONE (J. LABEYRIE, 1976)

Différents objets ont fait l'objet de datations : des coquillages, des bois fossiles et des tourbes. La position de ces différents objets par rapport au niveau de la mer à l'époque de leur fossilisation est très généralement incertaine* . De plus, on ignore si l'objet daté n'a pas été déplacé depuis son dépôt ; l'utilisation de ces datations réclame donc beaucoup de circonspection (G. DELIBRIAS, P.R. GIOT, 1970). Il en est ainsi de 4 datations de coquillages effectuées sur des sondages du pont de Brouage, et dont la position paraît tout à fait aberrante, parmi les 34 datations recensées sur le *tableau 15, page 84,*** et reportées sur la *figure 214*. On peut

*Comme cela a été rappelé récemment au colloque de St-Valery sur les Niveaux Marins Quaternaires (1977 ; Bull. A.F.E.Q. . 1978 no 53) et au colloque NIVMER, Paris, 2 décembre 1978 ; cf supra, p. 83-85.

** Les datations C 14 sont affectées sur le tableau 15 d'un numéro d'ordre ; ce numéro est rappelé dans le présent chapitre.

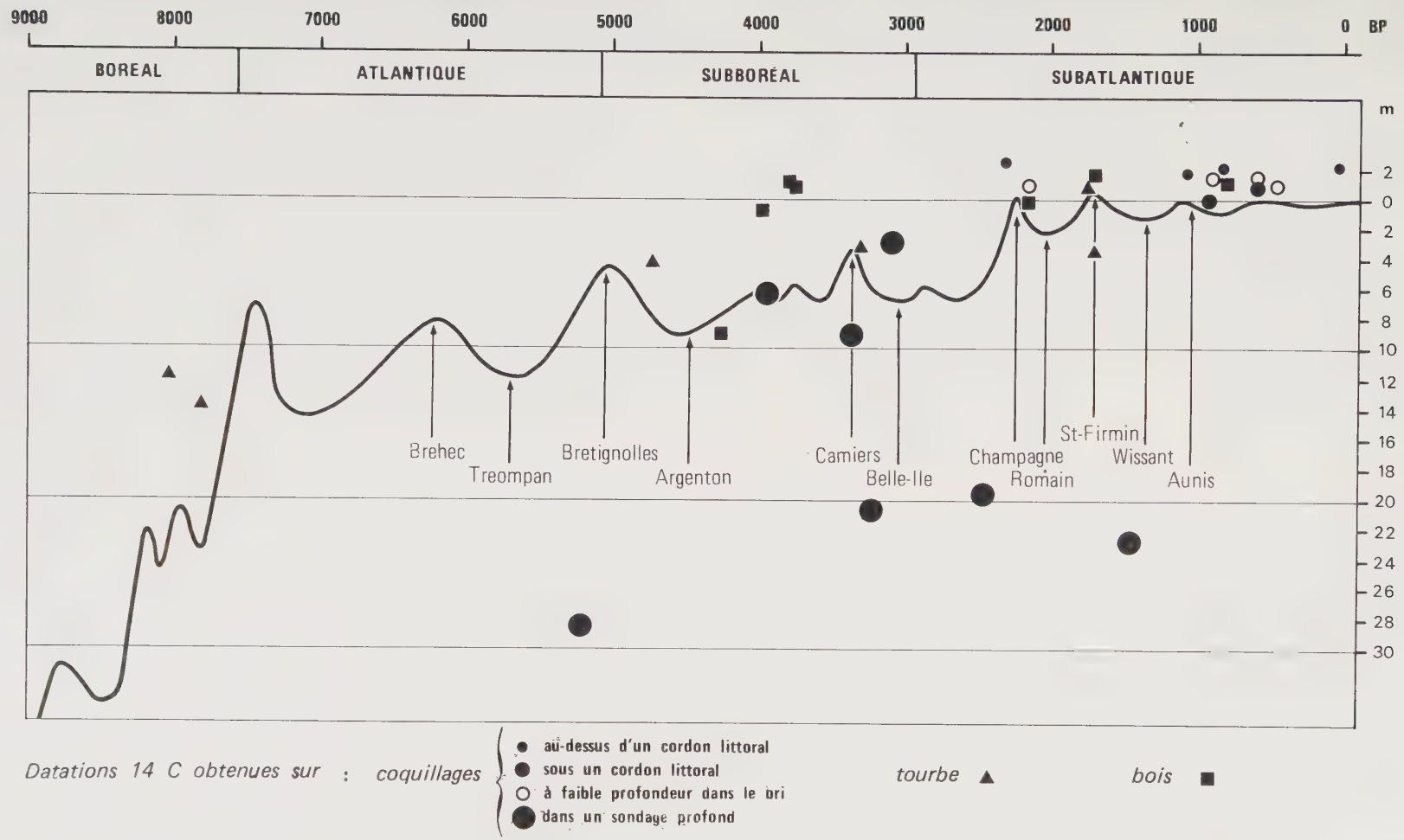


Figure 214 :
L'évolution du niveau de la mer autour du Massif Armoricain d'après M. TERS, 1973, et en Charente

donc considérer que ces coquilles, soit ont été polluées par du carbone plus récent, échangeant par exemple leur carbone avec le carbone des eaux douces (carbonates)*, soit ont été éboulées sur le flanc du havre de Brouage.

La valeur des coquillages fossiles en tant qu'indicateur du niveau de la mer justifie une étude critique, dont maints aspects, pour être classiques (R.W. FAIRBRIDGE, 1961 ; J. DONNER, H. JUNGER, 1975 ; P. PIRAZZOLI, 1976 ; J.P. PINOT, 1978) ne doivent pas être négligés ; en effet, tracer une courbe d'évolution de la mer dans l'ignorance de la fiabilité et de la pertinence des datations utilisées est sans doute assez vain.

Les objets datés en Charente Maritime sont des coquillages prélevés dans ou sous un cordon littoral de sables et de galets, des *Cardium* prélevés dans le bri au cours de fouilles ou de sondages peu profonds, ou bien divers coquillages recueillis lors de sondages à grande profondeur. La situation des coquillages dans leur environnement est de moins en moins précise dans ces quatre types de gisements. Par ailleurs, des tourbes et des bois fossiles ont pu être datés.

a) Les coquillages recueillis à la base des cordons littoraux

Les coquillages trouvés sous les cordons littoraux (22, 26,29) à des profondeurs connues avec précision ont été déposés sur l'estran , si l'on suppose que ces cordons ont progressé sur un schorre, le niveau des P.M.V.E.E. était donc au moins supérieur de 0,8 cm à 1 m à leur altitude (différence observée actuellement entre les altitudes des schorres et marais et le niveau des pleines mers de vive eau extraordinaire (PMVEE) en faisant abstraction du tassement). Au VIIème siècle (1280 ± 90 BP no 22 et 1230±100 BP, no 26), le niveau de ces PMVEE était donc au moins à +1 m et +2,80 m au-dessus du Zéro NGF ; vers l'an mil (29, Nancras, 900±70 BP) il était situé au moins à 1,90 m au-dessus du Zéro NGF ; au XIIème siècle (24, 700±90 BP) il atteignait au moins +2,20 NGF ; si les cordons ont progressé sur des hautes slikkes et non pas sur des schorres, le niveau des PMVEE était environ 1 m au-dessus de ces cotes.

b) Les coquillages recueillis à la partie supérieure des cordons.

Ces coquillages (21, Plaisance ; 30, Soumard ; 31, Lupin), attestent que le niveau des PMVEE atteignait au plus leur altitude actuelle (en faisant abstraction du tassement), mais pouvait se situer jusqu'à 1 m en contrebas : en 2650± 100 (Soumard, 30) le niveau des PMVEE était situé entre 2,6 et 3,6 m NGF ± 1 mètre ; en 1390 ±90 BP (21, V-VIème siècles,) il atteignait 1,4 à 2,4 m NGF en 1150 ± 90 BP (31, VII-VIIIème siècles), il atteignait 1,4 à 2,4 m NGF.

c) Les coquillages trouvés à faible profondeur dans le bri

Ces coquillages (7 - La Jonchère ; 24 - Angoute ; 28, Bois d'Arlais) ont été déposés sur l'estran ou au-dessous (chenal) : ils attestent donc un niveau des PMVEE atteignant au moins 1 m environ au-dessus de leur altitude (en l'absence de déplacement des coquillages et de tassement). Les niveaux obtenus (cotes NGF) sont : - inférieur à 2 m au Vème siècle BC
(28 : 2400± 80 BP, Bois d'Arlais)
- inférieur à 3,20 m au XIème siècle
(7 : 850±90 BP)
- inférieur à 2,20 m aux XII-XIIIème siècles
(24 : 700±90 BP).

Pour le site du Bois d'Arlais où les *Cardium* ont été recueillis en position de vie, on peut estimer que le gisement se trouvait au voisinage du niveau moyen de la mer.

d) Les coquillages rencontrés dans les sondages profonds

Ces coquillages sont d'interprétation plus délicate : les 4 échantillons de Brouage (23, 18, 19, 20) ont vraisemblablement été déposés dans le chenal, ou ont glissé sur le talus lors d'un changement de tracé de ce chenal de Brouage. Les coquillages recueillis près de Rochefort (1 : Cabane Pourrie ; 13 : Asturonia 2 ; 9 : Asturonia 1) reposaient sur le fond sableux et ont été associés à des cordons littoraux par C. GABET. Le niveau des PMVEE que l'on peut en déduire est incertain d'au moins 3 - 4 mètres, s'il s'agit bien d'un cordon littoral. Ce niveau des PMVEE s'établirait à (cotes NGF) :

10. Les Mathes : 4290± 120 BP :
entre - 7 m (sommet du cordon à 1 m au-dessus des PMVEE) et - 3 m environ, coquillages recueillis à proximité du niveau moyen de la mer ou de la base du cordon.
13. Asturonia 2 : 3660±110 BP :
- 10 à 6 m.
9. Asturonia 1 : 3380±110 BP :
- 4,5 à - 0,5 m.

e) Les échantillons de tourbe

Les échantillons de tourbe peuvent difficilement être raccordés à un niveau précis de la mer : la tourbe se forme dans les milieux mal drainés, par exemple lorsque la nappe phréatique inonde une lagune ou un marais. Par la suite, cette tourbe se tasse et sa base indique précisément l'altitude du colmatage précédant la formation de la tourbe. Ainsi les tourbes de Trizay (3 : 2050 ± 110 BP) et de St-Georges d'Oléron (15 : 2040± 90 BP) sont contemporaines ; elles reposent selon C. GABET à - 1,70 m et - 3,80 m NGF. La tourbe de Trizay a été formée dans les eaux de l'Arnoult dès que la mer eut évacué cet estuaire ; pour C. GABET, (1971 b, p. 120) elle marque la fin de l'optimum de la transgression flandrienne. Il faut alors supposer que la tourbe de St-Georges s'est déposée dans un étang profond et isolé de la mer (fond de l'étang vers - 3,8 m NGF). De même, il est impossible de connaître le rapport entre les tourbes de La Perroche (12 : 4920 ± 110 BP et 11 : 3600 ± 100 BP) et un quelconque niveau des PMVEE.

f) Les échantillons de bois et de charbons de bois

Les échantillons de bois eux-mêmes ne sont pas dépourvus d'ambiguïté. Si le cœf de St-Jean d'Angle (8 : 1100 ± 90 BP soit le VIII - IXème siècle) était

* J. THOMMERET, 1978, *in litteris,* à propos de la datation C 14 de Nancras (no 29 du tableau 15).

* On ignore bien évidemment si le cordon littoral a progressé sur un schorre, ou sur une haute slikke. En supposant que le cordon a progressé sur un schorre ayant atteint son altitude optimale soit 0,80 cm à 1 m au-dessous du niveau des PMVEE, on introduit une erreur systématique par excès de l'ordre de 30 cm à 1 mètre.

situé à 1 m - 1,5 m au maximum sous le niveau des PMVEE car il servait à remplir un jas qu'une digue de 140 cm de hauteur protégeait des inondations, les bois fossiles de la Cabane Pourrie (1) de Chaillevette (2) et de Piedémont (16) sont considérés comme ayant été déposés au-dessus du niveau des PMVEE, surtout lorsque les fossiles archéologiques permettent de les associer à un habitat, comme à Chaillevette (C. GABET, 1970) ou à Piédemont (C. GABET, P. DAVID, 1975 a) ; le niveau des PMVEE était donc inférieur à :

(1) - 9 m NGF environ en 4520±140 BP (vers 2500 BC) à la Cabane Pourrie
(16) 0,5 m NGF environ en 4290±110 BP (2300 BC) à Piédemont
(2) 0 m NGF environ en 2450±100 BP (vers 500 BC) à Chalézac.

Enfin, les charbons de bois d'Ors (4,5) et de la Petite Aiguille (6) sont de faible secours pour attester un niveau marin.

L'ensemble de ces résultats permet de mettre en place les niveaux supérieurs du niveau des PMVEE : niveaux assurément non dépassés, niveaux assurément dépassés. Ainsi M.T. MORZADEC - KERFOURN (1974, p. 1975), D. PRIGENT (1977, p. 31) par exemple se bornent à construire une courbe de variation des niveaux des «plus hautes mers» (PHM) : on observera sur la *figure 215* l'incertitude de cette courbe, d'après les données charentaises.

IV - L'ÉVOLUTION DES NIVEAUX DE LA MER

L'ensemble de ces indices a été reporté sur la *figure 215*. Si la position altimétrique des schorres est correctement assurée, leur âge reste approximatif, à quelques siècles près, sauf lorsqu'une datation C14 permet un recoupement : ainsi les niveaux de schorre datés du Subatlantique à Luez et à St-Jean d'Angle remontent à l'époque romaine ; les schorres de l'époque antérieure (datés par les sites à sels, les datations C14 de la tourbe de Trizay - 3 - mais surtout les coquillages du Bois d'Arlais - 29 -) étaient plus élevés et attestent sans doute un niveau des PMVEE très voisin de l'actuel à l'époque gauloise. Les schorres rencontrés en sondage attestent donc un bas niveau vers - 1 à - 2 m sous l'actuel approximativement. Dans les autres cas (schorre de St-Jean d'Angle à la fin de l'Atlantique, schorre de la Cabane de la Groie au Subboréal), un niveau marin vers - 6 m et - 8 m environ sous l'actuel est probable.

Ces datations inégalement réparties dans le temps, sont d'interprétation délicate. Elles suggèrent une remontée du niveau de la mer jusqu'à la mise en place du cordon de Soumard, une régression à l'époque romaine, des oscillations autour de 1000 BP, puis une stabilisation du niveau des pleines mers de VEE au voisinage du niveau actuel depuis au moins six à sept siècles. Encore faut-il remarquer que les datations les plus anciennes, Soumard comprise, sont d'interprétation ambiguë et que les oscillations récentes du niveau des PMVEE ne dépassent pas l'ordre de grandeur des incertitudes (chronologiques ou altimétriques).

Pour passer de cette courbe à celle du niveau moyen, il est nécessaire de faire une hypothèse quant au marnage - dont l'étude altimétrique des marais a montré qu'il pouvait varier de plusieurs décimètres sur le littoral charentais, actuellement comme à l'Holocène - On peut estimer que, à 30 - 50 cm près, le marnage de La Rochelle est représentatif du marnage moyen sur le littoral avoisinant : les PMVEE atteignant 6,56 m CM (mais les BMVEE peuvent descendre au-dessous du Zéro CM à La Rochelle (F. VERGER, 1968, p. 23) on peut prendre comme marnage régional 6,60 m et obtenir de cette façon les altitudes des BMVEE, plus approchées que la courbe représentative des PMVEE. Le passage de ces deux courbes au «niveau moyen de la mer» n'est pas dénué d'embuches : ainsi, le niveau moyen ou «valeur moyenne de la fonction représentative de la marée pendant une longue période», obtenu approximativement en calculant la moyenne arithmétique des hauteurs horaires de la marée, varie bien évidemment avec la période considérée : d'après l'Annuaire des marées, il était à La Rochelle à 3,69 m CM jusqu'en 1976 et se trouve à 3,84 m en 1978. Ce niveau moyen de la mer ne coïncide en général que fortuitement avec le niveau de référence du Zéro Lallemand ou Zéro NGF ; le Zéro NGF ayant été établi pour la période 1885 - 1896 à Marseille (cf Lexique), a monté, depuis, de plus d'un décimètre ; en 1957, il y avait 20 cm de décalage entre le niveau moyen de la mer à Marseille et à La Rochelle Pallice (d'après P. PIRAZZOLI, 1976, p. 118, a). Toutefois, ce Zéro NGF représente une base commode de référence pour l'ensemble du territoire, et sa hauteur par rapport au niveau moyen de la mer est connu dans chacun des principaux ports, La Rochelle Pallice en particulier ; il a donc été utilisé pour dresser la *figure 215**, qui rassemble les indices de variation du niveau marin recensés dans les sondages et en surface dans les Marais Charentais : niveaux de schorres, marnage probable, datations C14 et témoignages archéologiques.

Aucune courbe continue des variations du niveau marin dans cette région n'est présentée, car si pour certains témoignages la position verticale actuelle est assurée, leur position altimétrique originelle était beaucoup moins certaine ; de plus, l'âge attribué est souvent approximatif (palynologie) ; des incertitudes de l'ordre de plusieurs siècles, et de quelques mètres n'autorisent donc pas à tracer *une* courbe, mais plutôt une *enveloppe de courbes probables*, masquant des oscillations dont l'amplitude est de l'ordre du mètre : trop d'incertitudes persistent encore pour qu'une courbe puisse être tracée avec la rigueur nécessaire. Bien que les données soient plus précises qu'il y a un quart de siècle, il n'est pas encore possible de distinguer sur les rivages d'une mer à marées, les oscillations de niveaux de la mer d'amplitude métrique (A. GUILCHER, 1954, p. 27).

Si des preuves d'oscillation du niveau marin sont assez délicates à mettre en évidence dans la stratigraphie du bri de la Charente Maritime, les sondages montrent que les 7 derniers mètres ont été mis en place depuis la période Atlantique, c'est-à-dire au cours de 4 à 5 millénaires, le colmatage des régions où les sondages ont été implantés étant terminé vers l'an mil de notre ère. La vitesse de sédimentation moyenne serait donc de l'ordre de 1 à 2 mm par an ; cette évaluation est dépourvue de sens car cette vitesse n'a pas pu être uniforme.

Trois phases principales ont été mises en évidence :

- une sédimentation «grossière» (limoneuse) caractérisant la période Atlantique, jusque vers - 6,5 m environ dans les parties internes du marais.

- une sédimentation fine, caractérisant le Subboréal et le début du Subatlantique, mise en place au cours d'une succession d'oscillations du niveau marin, dont la résultante a pu être mise en évidence, jusque

* Il sera ainsi possible de passer du Zéro NGF au Zéro IGN.

vers 1 à 2 m de profondeur dans les régions les plus récemment colmatées (St Jean - d'Angle) : environ 2 mm/an.

- une sédimentation très fine, caractérisant le Subatlantique moyen et supérieur (le premier millénaire de notre ère), au cours de laquelle la stabilité d'ensemble du niveau marin est à l'origine d'une sédimentation assez peu importante en milieu calme : 1 mm/an.

Au cours de cette dernière période, il est d'autant plus malaisé d'interpréter les analyses polliniques que, par suite de l'oxydation et du lessivage d'origine pédologique, les niveaux supérieurs du remblaiement sont pauvres en pollens ; par ailleurs l'action de l'homme sur la végétation est aussi importante que celle des mouvements de la mer ; enfin, l'amplitude de tels mouvements est mesurée : «des oscillations du niveau moyen de la mer supérieures à quelques décimètres restent improbables même à l'échelle locale. L'hypothèse de fluctuations eustatiques importantes au cours des deux derniers millénaires doit donc être rejetée» (P. PIRAZZOLI, 1976, p. 369).

*Dans ces conditions, le remblaiement des Marais Charentais * pas plus que l'étude de leurs altitudes ne donne d'indices incontestables permettant de tracer une courbe d'évolution du niveau moyen de la mer. Les coïncidences avec la courbe de M. TERS (1973) sont cependant nombreuses : l'existence d'un niveau plus élevé que l'actuel au cours du Subboréal, attesté à Soumard, est possible, mais paraît plus ancien que le «niveau de Champagné» ; une régression romaine semble elle-même démontrée par des niveaux de schorres situés 1 à 1,5 m en contrebas des sites à sel de l'époque de La Tène ; dès le VI - VIIème siècle de notre ère, un niveau voisin de l'actuel est atteint ; les oscillations postérieures des niveaux de pleines mers en Charente Maritime rappellent les oscillations identifiées par M. TERS, mais les dates proposées sont plus récentes de 1 à 2 siècles.*

Le bri des Marais Charentais était connu comme un sédiment monotone fin, assez calcaire, mis en place par la transgression flandrienne.

L'évolution des techniques de recherche concernant les milieux semblables, aux Pays-Bas, en Belgique, et la précision des analyses conduites dans le Marais Poitevin, sur la plateforme continentale devant la Gironde, en Mer des Pertuis permettent de préciser les caractéristiques du bri, sous l'angle de sa répartition spatiale, de son volume et de la cinématique de sa mise en place.

En surface, le bri, depuis son dépôt est soumis à des actions pédologiques et présente deux aspects différents : une teinte gris-vert associée à un bri dit «ancien» et une teinte brune à beige, associée à un bri «récent». La cartographie de ces faciès a montré que le bri gris-vert était fréquent à la bordure interne des marais et à proximité des îles, comme dans le Marais Poitevin, et que le bri brun à beige s'insérait entre des poches de bri gris-vert, en esquissant un réseau correspondant à celui des anciens chenaux de marée. Ce fait a été mis en évidence dans le Marais de Rochefort puis dans le Marais de Brouage : l'origine de cette différenciation en deux faciès serait donc en partie géologique. Mais la succession des phases d'hydromorphie et de dessiccation, favorisées par les modes de conquête et de mises en valeur des terres, la vitesse de la pédogenèse en un mot, interfèrent avec cette différenciation d'origine stratigraphique, sans qu'il soit encore possible d'estimer de manière quantitative les parts relatives de chacun des deux facteurs, sédimentation et pédogenèse, après une reconnaissance cartographique (R. NIJS, 1978) : cf. figure 176.

Comme la répartition spatiale des faciès du bri en surface, la profondeur du plancher rocheux était mal connue. Quelques sondages effectués spécialement ainsi que les nombreux sondages nécessités par les ouvrages de génie civil, multipliés ces dernières années, permettent d'observer que le bri est relativement peu épais (7 à 10 m environ), à l'exception d'axes privilégiés correspondant à d'anciens tracés fluviatiles dont l'emplacement reste encore en grande partie hypothétique. En bordure nord du marais de Rochefort comme des marais de Brouage et de la Seudre, les profondeurs sont plus faibles, de l'ordre de 2 à 3 m sur plusieurs centaines de mètres de largeur ; une plateforme entre 0 et - 2 m NGF (3 à 5 m de profondeur) a pu être identifiée au sud de Saint-Agnant. Verticalement, le bri présente aussi une variété jusqu'alors insuffisamment soulignée : ce sédiment apparaît comme surconsolidé (figure 189) et les teneurs en eau sont plus importantes en profondeur qu'en surface.

*Rappelons que dans les Marais Charentais les couches de tourbe sont rares et qu'il n'a pas paru possible d'associer les faciès bri ancien et bri récent à des phases différentes de sédimentation.

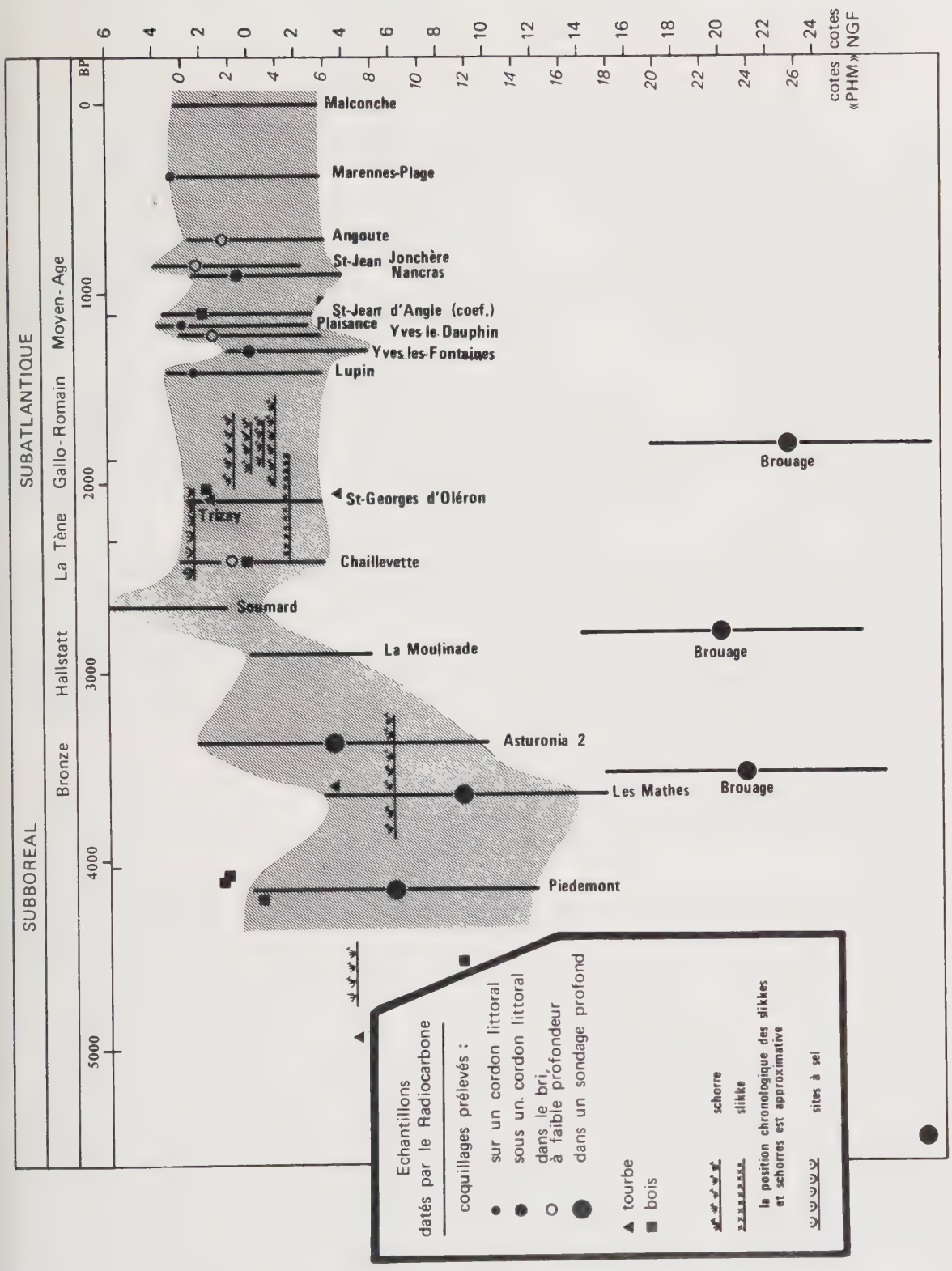


Figure 215 :
Indices des variations du niveau marin recueillis dans les Marais Charentais

Les horizons superficiels du bri par ailleurs nettement surconsolidés correspondent à des faciès ultra-fins, comme si le fluide transporteur n'était en mesure d'apporter que des éléments de plus en plus fins ; ils se caractérisent par une plus forte compacité, due non seulement au tassement subi depuis leur dépôt mais encore vraisemblablement aux battements de la nappe phréatique liés à la sécheresse estivale : sur le mètre supérieur, les teneurs en eau sont de l'ordre de 40 à 50 %, alors que le bri profond a des teneurs souvent supérieures à 60 - 65 %.

*L'analyse sédimentométrique de quatre sondages de 7 à 8 m d'épaisseur, a montré que deux faciès pouvaient généralement être distingués : un «bri grossier» ou limoneux (20 à 40 % de particules de taille supérieure à 10 micromètres), profond (jusque vers 5 à 6 m de profondeur), surmonté par un bri fin (60 à 70 % de particules inférieures à 2 micromètres) *. Cette différenciation a été mise en évidence par les méthodes paramétriques d'analyse des résultats granulométriques, par les méthodes graphiques ainsi que par les méthodes récentes de traitement des données (analyse des correspondances, classification ascendante hiérarchique). Les sondages montrent donc que le bri est de plus en plus fin vers le haut ; est-ce à dire que la transgression flandrienne a été régulière en Charente Maritime, comme le suggérait la courbe d'évolution du niveau marin établie naguère par C. GABET (1971, p. 120) ?.*

L'analyse des argiles prouve que la teneur en smectites est plus importante dans le marais de Rochefort qu'on l'admet généralement : une origine en partie fluviatile ou plutôt fluviomarine du bri de ce marais n'est donc pas tout à fait à exclure ; mais le bri présente aussi des affinités avec les formations superficielles des sols de groie et avec les argiles de la Mer de Pertuis et du Précontinent Girondin. Les minéraux argileux - ou du moins le rapport smectites/illite - permettent de mettre en évidence des phases «fluviatiles» à smectites dominantes s'intercalant entre des phases «marines», à illite dominante : l'évolution du climat, les oscillations du niveau marin apparaissent donc comme les éléments moteurs de la mise en place du bri.

L'analyse palynologique, en dehors de son intérêt pour l'histoire de la végétation, a montré que 6 à 7 m de bri s'étaient déposés depuis la fin de l'Atlantique (4500 BP) jusque vers l'an mil, à un rythme assez irrégulier, puisque des schorres, avec sédimentation fine, Chénopodiacées et niveau plus résistant ont pu être mis en évidence. Une courbe charentaise d'évolution des niveaux de la mer correspondrait approximativement à la courbe d'évolution du niveau marin établie par M. TERS (1973). C'est au cours du Sub-Atlantique, où les variations de niveau de la mer ont été de faible ampleur, que sédiments fins, voire ultra-fins dominent, en raison de la diminution de compétence du fluide transporteur liée sans aucun doute principalement au ralentissement de la remontée du niveau de la mer, qui a pu accompagner un épuisement du stock sédimentaire mobilisable.

* cette différenciation correspond peut-être aux dénominations «bri-bleu» et «bri sableux» des carnets de sondeurs.

Ainsi ont été mis en évidence les caractères des paysages des Marais Charentais, tels que la démarche analytique de la géographie physique permettait de le faire : les formes du relief décrites dans un premier chapitre, mesurées dans un second, sont mises en place dans leur cadre évolutif dans un troisième : géomorphographie, géomorphométrie, géomorphologie.

La géomorphographie, essentiellement réalisée à partir de photographies aériennes sensibles à l'infrarouge a montré deux phénomènes principaux : l'existence de marais plats au milieu même des anciens marais salants et la survivance parmi les zones humides de dépressions associées à d'anciens chenaux de marée. Comme il est normal dans ces régions longuement aménagées par l'homme, un aspect relève des formes d'aménagement adaptées à des conditions naturelles (marais plats et marais salants), un autre relève de phénomènes naturels (chenaux de marée). Les réseaux de chenaux de marée suggèrent par leur disposition les conditions de sédimentation pendant la phase ultime du remblaiement. Les analyses géopédologiques et géotechniques, les minéraux argileux, la sédimentologie et la palynologie confirment ensuite l'importance de ces chenaux.

La géomorphométrie a consisté à mesurer, avec une précision de l'ordre du centimètre, les cotes d'altitude des marais. On a pu observer que chaque marais avait une altitude particulière, parfois voisine des niveaux de marée actuels, parfois différente : il semble que les cotes modales se situent aux alentours des niveaux des pleines mers de cœfficient 90 - 95 ; le colmatage se serait ainsi achevé lors de niveaux de pleines mers voisins de l'actuel. Mais le compactage des horizons superficiels avec des teneurs en eau passant de 60 65 % à 50 % indique un tassement, que l'on a estimé être actuellement égal à 10 à 12 % de l'épaisseur du bri drainé.

A plus grande échelle sont testés les concepts de marais à disposition conforme (incliné vers la mer ou horizontal) et de marais à disposition contraire. Mais à cette échelle, la «mer», c'est le chenal de marée par lequel arrivent les sédiments, en fonction duquel s'organisent les altitudes, décroissantes dans sa direction lorsque la sédimentation se fait librement en même temps que le tassement, croissantes dans le cas contraire (Havre de Brouage). La platitude célèbre des marais, qui est le privilège des surfaces construites n'est donc pas exclusive de déclivités modestes, mais que le tapis végétal, les faciès pédologiques et l'occupation spontanée du sol peuvent révéler à l'observateur attentif.

L'analyse géomorphologique a consisté en l'étude en surface, en volume et en coupe des sédiments constitutifs des Marais Charentais. Les faciès de bri ancien et de bri récent y ont été localisés ; les passages graduels de l'un à l'autre faciès permettent d'observer une disposition générale conforme au tracé des anciens chenaux de marée. La différenciation est en partie sédimentaire, en partie pédologique, et montre certaines similitudes avec les classes de drainage.

Si la profondeur du plancher rocheux paraît être, en moyenne, de 7 à 10 m, d'anciennes vallées peuvent être identifiées en contrebas, dans chaque marais. La sédimentométrie montre que le bri est un sédiment de plus en plus fin de la base aux horizons supérieurs, sauf événements locaux de faible durée dus à des irrégularités dans le rythme de la transgression ; l'analyse palynologique a permis de retrouver quelques-unes des étapes du remblaiement, étalé sur les sept derniers millénaires ; mais la succession de milieux de sédimentation différents (lagune, schorre, slikke, chenal) dans les mêmes sondages interdit d'y retrouver toutes les étapes de la transgression flandrienne. Nombre d'épisodes identifiés par M. TERS (1973) peuvent être mis en évidence, en particulier un bas niveau à l'époque romaine, vers 1 à 2 m de profondeur sous le niveau actuel du marais. L'absence de niveaux étendus de tourbe dans les Marais Charentais ne permet pas de retracer la paléogéographie de cette région avec la précision habituelle sur les rivages de la Mer du Nord.

Ainsi peut être présentée la géomorphologie des Marais Charentais, dont plusieurs aspects sont susceptibles d'applications : les cultures souffrent davantage de l'excès d'humidité dans les noles des anciens chenaux de marée, les eaux ont tendance à stagner dans des secteurs privilégiés du marais, vers Ludène, le marais Saint-Louis, le marais de Fouras, par exemple au nord de Rochefort alors que d'autres secteurs s'égouttent sans trop de difficultés, vers les Arènes, les Fontaines, Charras, etc... : ces faits dispersés peuvent être replacés dans leur cadre général, géomorphologique et génétique. Dans les zones de marais gâts, on a tendance à araser les bossis pour combler les bassins et mettre ainsi toute une parcelle en culture ; mais le bri n'a pas partout la même granulométrie donc les mêmes aptitudes et se trouve engorgé d'eau à l'emplacement des bassins. Un réaménagement agricole consisterait sans doute à tenter de valoriser d'abord les «marais plats», qui couvrent entre le tiers et le quart de la surface ; dans ce cas, le remembrement du siècle dernier, avec son réseau de fossés et de canaux inadapté à l'agriculture du XXème siècle devrait être repris. Les anciens marais salants offrent par ailleurs des possibilités pour l'aquaculture, la conchyliculture, mais aussi la pisciculture déjà développée de façon non systématique sur les rives de la Seudre.

Cette étude géomorphologique débouche donc sur des possibilités d'application, via les problèmes de l'eau. Dans la mesure où les services compétents ont entrepris divers travaux de recalibrage des canaux principaux, il est apparu plus intéressant d'essayer d'apprécier l'impact spatial des aménagements réalisés au cours des dernières années, plutôt qu'ajouter à cette étude de géographie physique un chapitre analytique supplémentaire d'hydrologie. Dans cette perspective, l'existence de données de télédétection par satellites sur les Marais Charentais permet une nouvelle approche des problèmes de géographie physique et d'hydrologie des marais littoraux.

III. TELEDETECTION DES MARAIS CHARENTAIS

1. La télédétection par satellites

2. Les images des marais charentais

3. La cartographie infographique

On est si haut que le paysage n'est plus un paysage c'est... une carte de géographie,
mais une carte de géographie vivante, avec des brumes, des fumées, des ombres et des lueurs, des frémissements d'eaux et de feuilles, des nuées, des pluies et des rayons de soleil».

V. HUGO, 1845, Le Rhin, t. 3, *pp. 304 - 305*

«Ce qu'on voit du haut de la Cathédrale de Strasbourg»

1. Définition. La Télédétection.

Dès la plus haute antiquité, les hommes ont affectionné les positions élevées, qui permettaient de voir, de détecter la présence de l'intrus, l'arrivée des hordes barbares ou des troupes ennemies. Ce besoin de contrôler l'espace s'est poursuivi par les Grandes Découvertes, la colonisation, puis l'occupation de la majeure partie de la planète ; ce contrôle spatial s'accompagne ensuite d'une connaissance plus approfondie de chacune des composantes du milieu ainsi découvert.

De nos jours, la recherche de renseignements, de données, soit au moyen d'informateurs installés sur place, soit de façon indirecte, constitue une part importante de l'activité industrielle, technique, militaire ou scientifique de beaucoup de pays. Découvrir, analyser des données de nature fort diverse, parfois à l'insu de celui qui les possède ou les crée, constitue par ailleurs un aspect important de l'activité scientifique, et parfois une occasion de coopération et d'amitié internationales (D. SHAPLEY, 1975).

L'identification d'objets et de phénomènes au sol à partir de données issues de plateformes d'enregistrement éloignées de l'objet étudié est l'un des aspects importants de la recherche appliquée, dans des domaines variés. Ainsi, en ce qui concerne la géographie et l'aménagement du territoire, la mise au point de techniques photographiques et thermiques pour le levé des faciès sédimentaires dans le delta du Mississippi et sur le littoral de la Louisiane par exemple, est susceptible de fournir des clés d'interprétation pour localiser les gîtes de matériaux de construction dans des régions littorales d'accès moins facile (D.G. ORR, J.R. QUICK, 1971). La télédétection est alors un instrument pour la reconstruction des centres urbains et industriels affectés par des cataclysmes naturels ou des guerres (Bengla - Desh, Viet-Nam, etc...).

*Le premier «Symposium of Remote Sensing of Environment», tenu en 1962 à l'Université du Michigan consacrait le terme de «remote sensing», détection à distance pour M. GUY (1969, p. 29), ou télédétection, pour désigner l'enregistrement de radiations électromagnétiques émises ou réfléchies par la surface terrestre, et le traitement des données ainsi recueillies; une surface sensible, appelée capteur * (un film photographique, une cellule photo-électrique par exemple), et porté par un engin «vecteur» (avion, satellite, etc...) sont utilisés.*

Sous l'impulsion du Centre National d'Etudes Spatiales (CNES), des travaux préliminaires furent effectués en France (CNES, 1971), concernant des informations obtenues dans l'infrarouge (J. TRICART, R. HUSSON, 1972) ou provenant de l'enregistrement des variations de température (A. BAUDOIN, A. DECAE, P. DEMATHIEU, 1972 ; S. PAUL, 1973), ainsi que des images radar (C.M. GIRARD et M.C. GIRARD, 1975), expériences utilisant des avions volant entre 1000 et 12 000 m.

Les données enregistrées par les satellites de la série E.R.T.S. (Earth Resources Technology Satellite), rebaptisée Landsat en 1975, par leur définition spectrale et l'altitude de leurs capteurs (plus de 900 km), constituent un autre type de documents de télédétection (T.H. MAUGH II, 1973).

*Science récente et science appliquée, la télédétection utilise des données particulières qui font l'objet de traitements relevant des procédés photographiques et des méthodes informatiques. Après avoir rappelé quelques notions essentielles en télédétection (chapitre premier), et présenté les données Landsat utilisées sur les Marais Charentais, (chapitre second), l'essentiel du développement sera consacré aux méthodes de traitement et d'interprétation ; le chapitre troisième exposera très brièvement quelques traitements photographiques, alors que le chapitre quatrième exposera de façon plus détaillée, méthodes et résultats de la cartographie automatique des données de télédétection sur les Marais Charentais.***

* voire détecteur.

** Dans ce chapitre, la télédétection est considérée comme une méthode de recherche récente et prometteuse concernant les paysages des marais. Elle prend donc naturellement sa place après les méthodes classiques (première partie) et les méthodes contemporaines (seconde partie) ; le but des travaux est de mettre en évidence les renseignements qu'elle peut apporter à la connaissance d'une région précise. A l'inverse des autres méthodes employées ci-dessus, la télédétection a fait l'objet d'études davantage thématiques que régionales. Il a donc semblé indispensable d'exposer avec quelques détails - dont le spécialiste pourra évidemment se dispenser - la nature et l'origine des informations obtenues par télédétection sur les Marais Charentais.

La plupart des termes techniques seront définis dans le texte, et les définitions usuelles rappelées dans le lexique annexé

LA TÉLÉDÉTECTION PAR SATELLITES

L'irruption des techniques de télédétection dans la géographie française remonte au début des années 1970, et les travaux se sont depuis largement multipliés et diversifiés, à partir de l'utilisation des données Landsat en particulier. On rappellera donc les définitions de la télédétection, sa pertinence en tant que moyen de connaissance de la surface terrestre, avant de présenter la nature et les caractéristiques des données Landsat qui ont pu être utilisées sur les Marais Charentais.

I - LA TÉLÉDÉTECTION, DÉFINITIONS

La télédétection *(figure 216)* consiste à «capter les signaux réfléchis ou émis par les eaux, les roches, la végétation, les nuages..., signaux perçus ou non par les sens de l'homme» (J. POUQUET, 1971, p. 17). Ce terme pourrait ainsi désigner l'ensemble des procédés d'acquisition de renseignements, de données à partir d'une plateforme qui n'est pas en contact direct avec l'objet de l'étude : la vue, l'ouïe et l'odorat seraient alors des moyens classiques de télédétection. En réalité, l'acception du terme est beaucoup plus restreinte, pour des raisons historiques et techniques.

Ainsi pour A. FONTANEL et M. GUY (1972, p. 870) «on entend par télédétection (remote sensing en anglais) un ensemble de techniques mises en œuvre à partir d'avions, de ballons, de satellites, et qui ont pour but d'étudier soit la surface de la Terre (ou d'autres planètes), soit l'atmosphère, en utilisant les propriétés

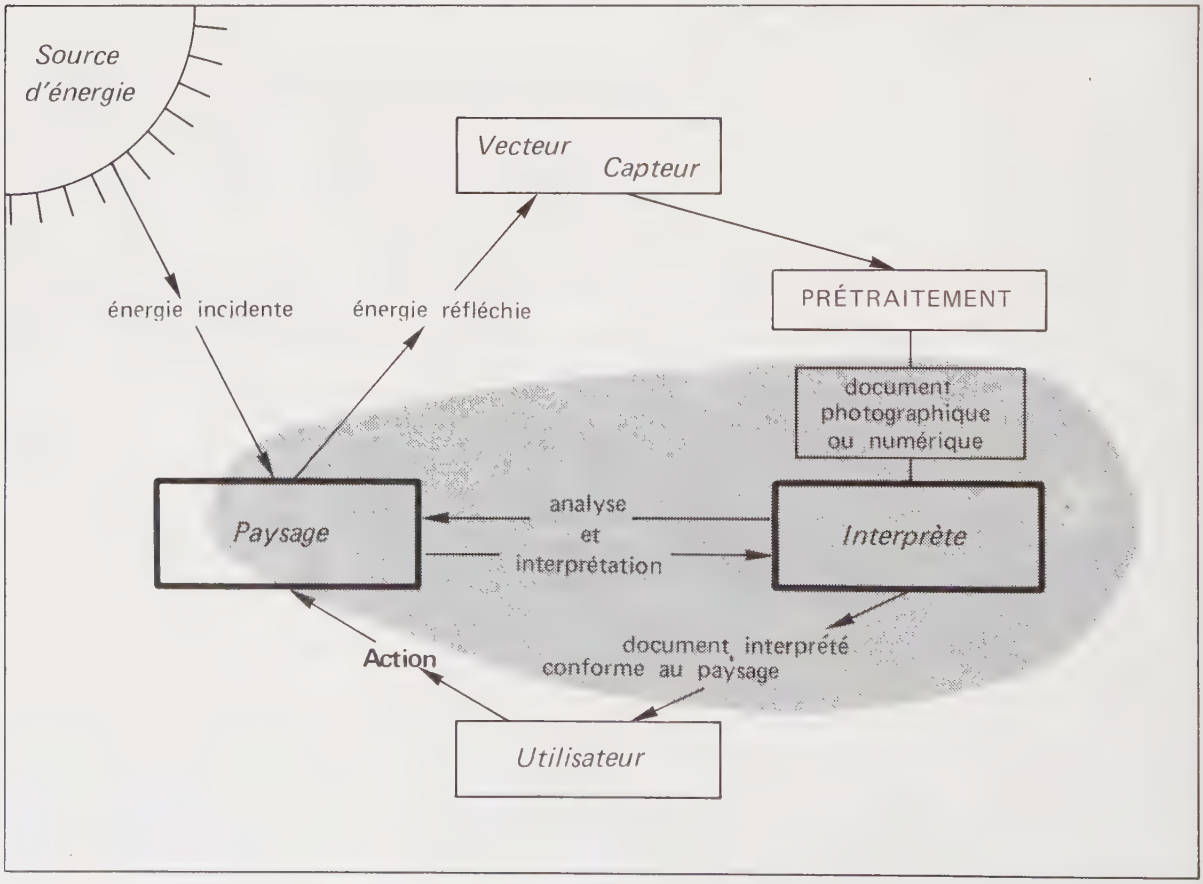


Figure 216 :

Modèle général d'une opération de télédétection
(en grisé, champ de la présente étude)

des ondes électromagnétiques émises, réfléchies ou diffractées par les différents corps observés... Elle (...) apporte sa contribution à la géographie». La restriction concerne ici essentiellement la nature du vecteur. Pour A. ALOUGES et L. LAIDET (1973, p. 1) l'accent est mis sur les ondes utilisées : «actuellement, la définition recouvre seulement les applications de la détection à distance utilisant le rayonnement électromagnétique comme porteur d'informations, à l'exclusion des autres techniques permises par la physique (ondes sonores, champs électriques, magnétiques ou gravitationnels, et particules)... La télédétection comprend donc l'étude du comportement de la surface terrestre et de l'atmosphère vis-à-vis de rayonnements dont les longueurs d'ondes peuvent aller de l'ultra-violet jusqu'aux longueurs d'ondes radio, l'étude des moyens techniques permettant de recevoir ces rayonnements et enfin l'étude des méthodes d'analyse des données reçues afin d'en extraire l'information élaborée recherchée».

a) Télédétection et photographie aérienne

Dans cette acception, les images photographiques constituent des documents de télédétection, mais on peut en exclure les photographies panchromatiques dont la courbe de sensibilité spectrale se rapproche beaucoup de celle de l'œil humain *(figure 96)*. En effet, la télédétection n'existerait pas si elle ne permettait d'identifier que des phénomènes déjà connus au sol, même si elle est susceptible d'en fournir une image couvrant une grande surface. La révélation d'aspects mal connus ou inconnus des paysages terrestres paraît être l'ambition et la justification fondamentale de la télédétection, comme naguère l'analyse et l'interprétation des clichés panchromatiques.

Il est d'autres raisons qui peuvent inciter à isoler les documents photographiques, panchromatiques en particulier. D'une part, ces derniers ont atteint depuis longtemps leur phase «opérationnelle», des clés d'interprétation furent établies depuis plus de vingt ans, une routine d'analyse a été mise au point, et on s'oriente vers une interprétation automatique des clichés dans bien des domaines. La télédétection par contre en est encore à son stade expérimental, avec des clés d'interprétation en cours d'établissement.

D'autre part, on doit insister sur le caractère multispectral des documents de télédétection (F. VERGER et *alii* 1973) : alors que la photographie panchromatique est un document unique et complet dans une large bande spectrale, les images de télédétection (qui ne concernent généralement que des bandes étroites du spectre électromagnétique, de l'ultra-violet aux bandes radar), sont multiples et leur interprétation procède de la confrontation entre documents divers, accompagnée d'opérations de «contrôle au sol», de recherche de la «vérité de terrain» («ground truth») qui constituent la phase décisive de la recherche. Une image isolée de télédétection est pratiquement inutilisable, mais devient intéressante lorsqu'on la compare à d'autres images simultanées. C'est la raison pour laquelle on procède presque systématiquement à des enregistrements multispectraux à bords d'avions. Fréquemment une photographie panchromatique simultanée est utilisée comme document de comparaison.

Enfin, les photographies nécessitent un transport de la plaque impressionnée, depuis le vecteur jusqu'au sol, contrainte dont s'affranchissent le plus souvent les documents de télédétection issus d'enregistrements à bord de stations automatiques, diffusés par ondes électromagnétiques en direction du sol *(figure 217)*. J. POUQUET (1971, p. 117) a proposé le terme de **«cliché fac-simile»** pour désigner ces transcriptions ; on utilisera ce terme et aussi son synonyme **«image»**, dont la définition pourrait être : traduction, sur émulsion photographique de l'intensité de l'énergie

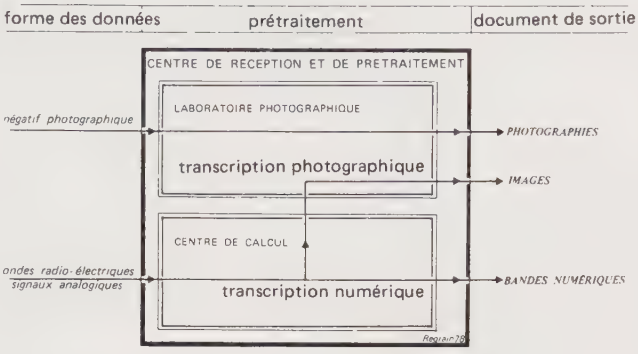


Figure 217 :

Données fournies aux utilisateurs lors des opérations de télédétection

électromagnétique enregistrée par un capteur non-photographique lors d'une opération de télédétection ou, plus généralement «tout ce qui peut faire apparaître sur une surface uniforme des lignes et des formes par des différences de luminance et de couleurs (P. KOWALISKI 1972 b, p. 1024). Ces images ou clichés fac-simile représentent une **visualisation** des données enregistrées.

Il apparaît ainsi qu'avec le développement de ces visualisations, il sera de plus en plus nécessaire de distinguer les photographies des documents de télédétection. Le terme de photographie devrait être restreint à son sens habituel : enregistrement direct d'une partie des radiations électromagnétiques (visible et éventuellement infrarouge proche) sur support au gélatinobromure d'argent (capteur), transporté ensuite au sol. P.A. REY (1977, p. 232) note qu'entre «la photographie, - image instantanée de la totalité d'un site exploré dans une large bande de sensibilité spectrale (visible et proche infrarouge), - et l'image de télédétection - résultat de l'exploration radiométrique par balayage de fractions successives de ce site, dans d'étroits créneaux de sensibilité, - **il existe une différence technologique et méthodologique considérable** * même si la restitution de la seconde sur support photographique peut faire illusion». R. BARIOU (1978, p. 210) distingue les photographies «données provenant d'impulsions lumineuses» (sic) et les images où les données provenant d'impulsions électriques sont enregistrées sur bandes magnétiques puis visualisées sur un support photographique. Cette distinction est en effet nécessaire.

b) Contraintes physiques de la télédétection

Une expérience de télédétection *(figure 216)* suppose réunis des matériels (vecteurs et capteurs) susceptibles d'opérer dans de bonnes conditions atmosphériques, des centres de réception et de traitement des données au sol, ainsi que la comparaison de l'image résultante et de la scène observée, de façon à identifier la scène enregistrée, ses composantes connues ou non, etc...

* souligné par nous, R.R.

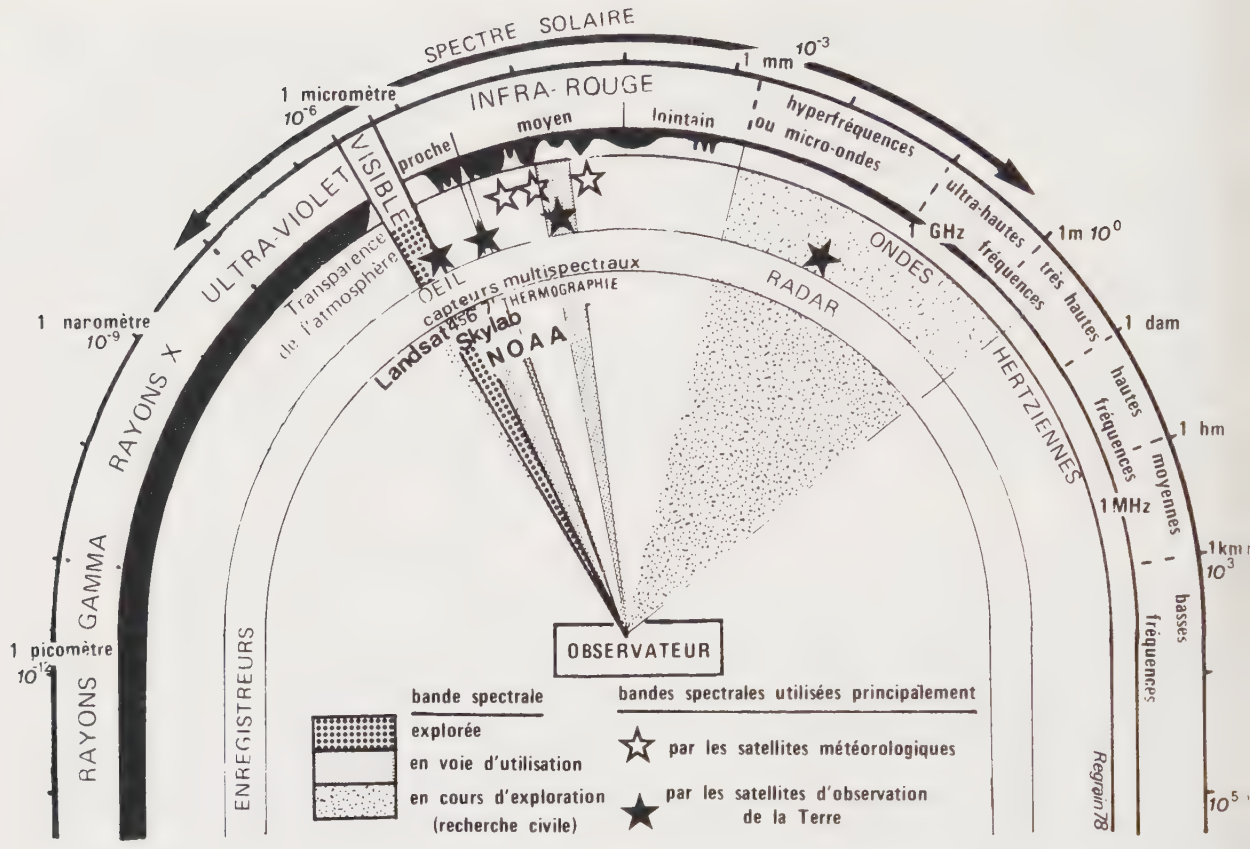


Figure 218 :
La Télédétection et
le Spectre Electromagnétique

Tout enregistrement de radiations électromagnétiques suppose l'emploi d'un capteur embarqué sur un «vecteur» : pour la photographie aérienne, le capteur est une chambre photographique et le vecteur un avion.

L'altitude du vecteur détermine l'échelle du document obtenu (rapport distance focale/altitude pour les enregistrements de type photographique ; valeur de l'angle solide du capteur, exprimée en stéradians, déterminant les dimensions au sol de la tache élémentaire d'enregistrement). Les plateformes de télédétection les plus courantes sont les suivantes *(tableau 52) :*

Ce tableau met en évidence le hiatus taxonomique entre les photographies aériennes et les clichés de satellites, hiatus que les quelques expériences de ballon ne comblent que partiellement (CNES, 1971 ; L. LAIDET, 1973, pp. 19 - 23 ; C.M. GIRARD et M.C. GIRARD, 1975, pp. 157 - 173).

Enfin, l'attitude du vecteur lors du survol de la scène (roulis, tangage, lacet, «pompage») influe sur la géométrie de l'image, donc son échelle, et en limite souvent la lisibilité (S. PAUL, 1973) : dans un satellite comme Landsat, les instruments de correction d'attitude de l'engin occupent une place bien supérieure à celle des instruments de télédétection.

c) Télédétection active et télédétection passive

L'atmosphère n'est en effet transparente que pour certaines longueurs d'onde *(figure 218)*. Même dans ces fenêtres, l'enregistrement de données n'est possible de jour que lorsque l'énergie fournie par le Soleil est suffisamment importante pour permettre l'enregistrement des radiations réfléchies. Ainsi pour les satellites Landsat la hauteur minimum du Soleil au-dessus de l'horizon étant estimée à 30°, les passages du satellite susceptibles de fournir des enregistrements se situaient, à 45° de latitude nord entre Février et Octobre de chaque année : les images Landsat ne devaient donc pas être fournies en hiver ; les clichés aériens de cette saison sont par ailleurs, assez rares.

Dans ce premier type d'enregistrement, le capteur est considéré comme passif, le Soleil étant source unique de radiations, et les conditions météorologiques sont le facteur premier qui peut permettre ou interdire l'opération de télédétection. J. DASSIE (1974) a essayé de déterminer dans le cas particulier de la prospection archéologique, l'enchaînement optimal des faits climatologiques nécessaires.

Il est possible de s'affranchir au moins en partie des conditions météorologiques en pratiquant un second type d'enregistrement, dit actif, dans lequel on embarque sur le vecteur, avec le capteur, un émetteur de radiations. Ces enregistrements ont lieu la nuit (absence de radiations solaires «parasites») ou lorsque le temps est très couvert (impossibilité d'utiliser les capteurs passifs). Les différents radars entrent dans cette catégorie. Il ne nous a pas été possible d'utiliser de tels documents ; B. FOURNIER, (1976, p. 15 ; 1977, p. 141), qui a pu

VECTEURS	Altitudes approximatives	ECHELLE DES IMAGES INITIALES
Ballon dirigeable hélicoptères	300 - 500 m	1/4 000 à 1/5 000
Avions photographiques	0,3 à 5 km	1/5 000 à 1/50 000
Avions à haute altitude	1,3 à 10 km	1/50 000 à 1/250 000
Ballons sondes	30 à 40 km	1/400 000
Satellites - Skylab type Landsat type Nimbus Météosat	450 km environ 920 km 1000 à 36 790 km	 1/1 000 000

Tableau 52 :
Vecteurs usuels en télédétection

disposer d'images radar sur le littoral charentais, en a souligné l'intérêt ; d'autres missions ont été réalisées sur cette région, mais les conditions de leur financement les rendent peu accessibles.

II - LA TÉLÉDÉTECTION, INSTRUMENT DE CONNAISSANCE

Dès 1971, en un ouvrage qui est autant un plaidoyer, J. POUQUET avait montré l'intérêt des études qui peuvent être menées à partir des données recueillies par satellites. Les travaux récents semblent avoir mis insuffisamment l'accent sur la forme des données reçues par les utilisateurs, l'échelle des structures et des phénomènes détectables, et la nature des phénomènes restitués.

a) Forme des données reçues

Les données enregistrées par un capteur sont transmises au sol soit directement (photographies) soit indirectement (cliché fac-simile). Les données subissent alors un pré-traitement en vue de les rendre homogènes, lisibles par l'œil humain. La visualisation ainsi obtenue, pour des causes propres à la technique, peut conduire ou non à l'identification des faits recherchés.

Les images (fac-simile) peuvent être définies par la traduction sur un film photographique des intensités de radiations transmises au sol. Elles représentent généralement une perte d'informations, car l'œil humain pour lequel elles sont établies ne peut guère distinguer que quelques dizaines de niveaux de gris différents alors que le nombre de niveaux d'enregistrement par radiations électromagnétiques est beaucoup plus grand * . Il peut être d'autre part nécessaire, lors de ce pré-traitement, d'intervenir sur la géométrie de l'image («redressement») pour la rendre proche d'une carte ; ce type de pré-traitement est particulièrement important pour les géographes qui ont vocation à localiser précisément les phénomènes. Quoi qu'il en soit, on obtient ainsi une image, c'est-à-dire un document pour l'analyse duquel existent une mémoire, une technologie, et de nombreuses «routines». Ainsi P.A. REY (1974) a pu montrer la concordance satisfaisante entre les cartes de la végétation, établies au sol et certaines images de télédétection par satellite, et rechercher dans ces dernières un moyen commode d'établir les premières.

La plupart des capteurs non photographiques enregistrent non pas exactement l'intensité de la radiation réfléchie par le sol sous forme d'une tension électrique, mais une grandeur y qui obéit à la même loi de variation que l'intensité de la radiation, et qui est de nature électromagnétique, en une suite de valeurs numériques représentant les amplitudes instantanées successives du signal originel. Ces valeurs sont à leur tour traduites en langage binaire, ce qui permet leur duplication sur bandes magnétiques et leur traitement par ordinateur.

b) Échelles des données

Le document de télédétection de base pour l'utilisateur, qu'il s'agisse d'une visualisation sur image photographique ou sur bande d'imprimante, représente une image du terrain à une certaine échelle.

Dans les cas les plus simples, l'échelle est la même selon deux axes perpendiculaires situés dans le plan de la restitution (photographies redressées, images Landsat), mais les images radar par exemple et les autres images obtenues par balayage n'ont eu pendant longtemps d'échelle convenable que dans l'axe du vol et à son voisinage (S. PAUL, 1973, p. 46). Les visualisations effectuées sur les imprimantes d'ordinateurs, à caractères rectangulaires ne sont pas non plus géométriquement satisfaisantes pour les enregistrements dont l'unité au sol (tache élémentaire) n'a pas une forme et des dimensions semblables de celles du caractère : le recours aux tables traçantes est alors nécessaire. Il paraît donc utile de distinguer les documents sans échelle (a-scalaires ?), à échelle linéaire (linéascalaires ?), et à échelle aréolaire, les cartes des pseudo-cartes, selon que l'échelle est ou non respectée.

D'autre part, l'échelle d'un document plan (photographique) par rapport au terrain, fonction de la hauteur de vol, est variable suivant l'altitude du lieu considéré. Aussi la plupart des données de télédétection doivent-

*V.R. ALGAZI (1973, p. 1169) évalue à quinze ou vingt, les niveaux de gris que l'œil peut effectivement distinguer ; pour A.F. MAURIN et M.J. RIGUIDEL (1978, p. 27) «l'œil humain ne peut séparer *efficacement* plus de 5 gris».

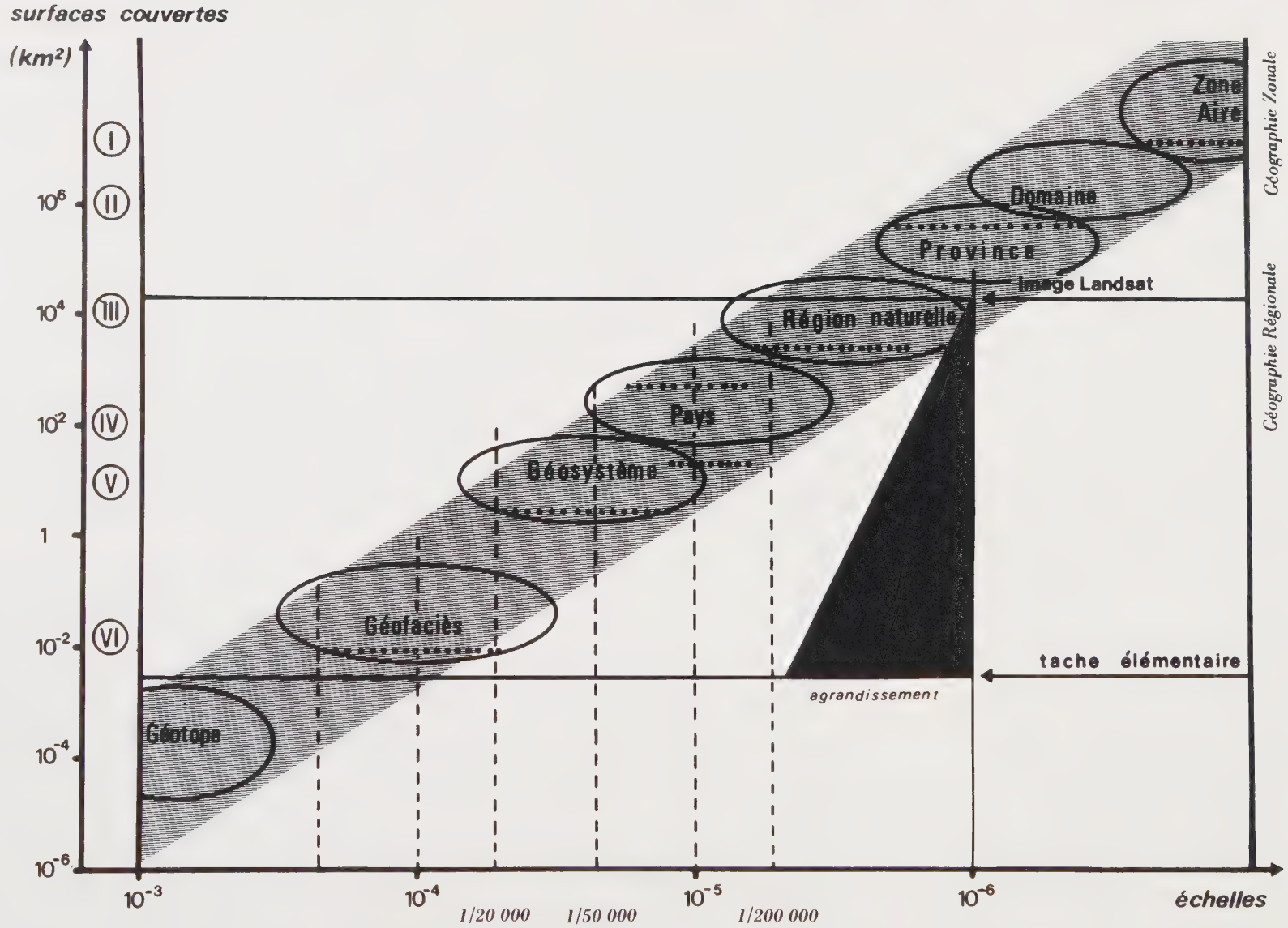


Figure 219 :

Taxonomies usuelles en géographie et images Landsat
A gauche, niveaux taxonomiques selon J. TRICART (1965)
au centre, d'après G. BERTRAND (1970) et O. DOLLFUS (1971)

elles subir une correction géométrique avant de pouvoir être ramenées à une projection cartographique. Ainsi les images Landsat sont corrigées pour pouvoir être à peu près superposables aux cartes en projection UTM (Universal Transverse Mercator), bien que V. KRATKY (1974, p. 212) ait pu constater la persistance d'erreurs de position résiduelles pouvant atteindre 60 m dans l'axe de l'image et 125 m dans les angles ; K.W. WONG (1975) estime l'erreur de positionnement à environ 55 m. La carte usuelle de la France à 1/1 000 000 étant établie selon la projection conique conforme de Lambert, calculée d'après l'Ellipsoïde International, les images Landsat y sont superposables, ce qui est précieux pour le repérage préliminaire des unités de paysage.

c) Les résolutions

Si les propriétés métriques des images de télédétection sont importantes pour l'exploitation cartographique de leur contenu, il en est de même d'autres paramètres concernant en particulier la résolution des images.

Le manuel des utilisateurs d'images Landsat reprend la définition classique de la résolution (NASA, 1972, p. F.18) : «possibilité, pour l'observateur de distinguer une variation de tonalité correspondant à des barres parallèles de radiance contrastée» ; c'est en effet grâce à des cibles noir et blanc qu'est établie la résolution des optiques et des supports photographiques.

Le sens du terme résolution, qui signifie d'après Littré «réduction d'un corps en ses premiers principes» est beaucoup plus vaste. Il semble donc nécessaire de distinguer entre la résolution de l'appareillage d'enregistrement, la résolution des supports de transmission de l'information, et la résolution utile pour l'expérimentateur, la résolution au sol, en télédétection des ressources terrestres.

1. Au moment de l'enregistrement, la dimension du plus petit objet qui puisse être discerné dépend des paramètres de l'enregistreur : c'est sans doute ce que S. PAUL (1973, p. 100) désigne par «résolution linéaire». Dans les expériences Landsat, les contraintes physiques sont les suivantes :

ligne d'enregistrement : 79 m de largeur
pas d'échantillonnage : 57 m
tache élémentaire : 79 x 57 m

En effet, chaque détecteur balaie une bande au sol de 79 mètres de largeur et de 185,2 km de longueur, qui est ensuite scindée en 3240 taches élémentaires ; chaque tache élémentaire constitue donc l'équivalent de l'I.F.O.V. (Instantaneous Field of View) ou limite de résolution de l'enregistreur, parfois appelée résolution spatiale.

2. Lors de la restitution, la résolution du document obtenu dépend de la sensibilité du support : ainsi 256 valeurs de rayonnement sont-elles théoriquement disponibles pour une même tache élémentaire (1 octet), mais l'étendue des valeurs reçues (intervalle entre les valeurs extrêmes) est le plus souvent bien plus modeste, non seulement parce que les performances du rapport signal/bruit du système MSS ne permettent pas d'utiliser tout cet intervalle, mais aussi parce que rares sont les supports d'information (photographies par exemple) qui peuvent permettre de distinguer autant de nuances. Si une restitution sur imprimante d'ordinateur permet de reproduire l'intégralité des valeurs enregistrées, sur une image photographique, l'œil ne peut guère distinguer que quinze à vingt niveaux de gris au maximum (V.P. ALGAZI, 1973, p. 1169 ; supra, p. 331).

Les restitutions photographiques sont effectuées à partir des enregistrements numériques, mais à chaque étape intervient une fonction de transfert de modulation, qui mesure «l'atténuation de la transmission... des amplitudes des signaux sinusoïdaux en fonction de leur fréquence spatiale» (P. KOWALISKI, 1972 b, p. 1028) ; cette fonction de transfert de modulation est rappelée par la présence d'une échelle chromatique à 16 niveaux en bordure de chaque image. La présence de ces 16 niveaux sur la plupart des images NASA en souligne la bonne qualité.

3. La résolution utile pour l'expérimentateur est celle qui lui permet effectivement de distinguer la plus petite variation d'intensité qui corresponde à un objet particulier. Cette notion est donc en partie subjective, car les caractéristiques propres à l'observateur (acuité visuelle, conditions d'observation, affectivité pour le sujet, mémoire de ses aspects, etc...) interfèrent avec les caractéristiques de l'image fournie (pouvoir séparateur, netteté, etc...). L'ensemble des paramètres concernant l'image, et que recouvre en grande partie le terme de «définition» (comportement de la couche sensible et du système optique, conditions physiques et matérielles d'exposition et de traitement) ne peut guère avoir d'expression numérique (P. KOWALISKI, 1972 a, p. 112). Une excellente résolution du support photographique peut être nécessaire si elle sépare correctement les objets qui justifient la recherche ; sinon, elle contribue à créer des «bruits» et peut s'avérer nuisible. Comme nous le verrons par la suite, la meilleure résolution des restitutions numériques n'est pas toujours une qualité suffisante pour que les analyses puissent être menées plus rapidement à partir d'elles qu'à partir des transcriptions photographiques.

Pour P. DEMATHIEU (1973, p. 699), les «qualités de résolution (plus petite distance entre deux points séparables) caractérisent la dimension minimale des éléments sur lesquels un travail sensé peut être effectué» ; il estimait cette dimension à 300 mètres pour Landsat, alors que les dimensions du plus petit objet dont la présence soit repérable («seuil de détectabilité») sont de l'ordre de la trentaine de mètres dans le cas d'un contraste très fort par rapport au fond : cette notion est particulièrement importante pour l'analyse visuelle des images.

Toutefois, ce qui importe le plus n'est pas tant la **texture** de l'image, que d'excellentes résolutions lors de l'enregistrement et de la visualisation permettent d'explorer de la façon la plus détaillée, mais la **structure** de l'image, les formes d'organisation spatiale des points et des taches qui constituent la texture. Cette prépondérance, au moins pour les utilisations géographiques, des faits de structure paraît d'autant plus importante que les échelles de restitution (le millionième) et d'agrandissement usuels (jusqu'à 1/200 000 environ) correspondent à des phénomènes occupant des niveaux élevés dans la classification spatio-temporelle de J. TRICART (1965, p. 93) ; c'est d'ailleurs dans le domaine de la découverte des «linéaments» que les résultats immédiats les plus spectaculaires ont été obtenus, par les géologues (J. GUILLEMOT, M. GUY, J. LOBJOIS, 1973) comme par les géographes (C. CAZABAT, 1976 ; J.L.F. TRICART, 1976 a, N. SPOLJARIC, R.R. JORDAN, R.E. SHERIDAN, 1976).

4. La résolution au sol ou résolution spatiale découpe le paysage enregistré lors des opérations de télédétection. Pour Landsat, il s'agirait d'une sorte de parallélogramme de 57 m de base et de 79 m de hauteur. Cette «résolution au sol» paraît essentielle en géographie, car elle constitue une sorte de «filtre» à travers lequel le paysage est enregistré. Ainsi, alors qu'une résolution au sol d'environ 300 m était espérée en 1971, il semble bien que toute scène au sol dont les dimensions soient de l'ordre de quelques milliers de mètres carrés puisse être distinguée. L'étude des images comme celle des restitutions numériques sur listings ou cartes automatiques montre que des objets plus petits, mais présentant un fort contraste peuvent être identifiés, comme le fort Boyard au milieu du Coureau d'Oléron, ellipse de 70 x 30 m environ orientée au Nord-Ouest qui repose sur un îlot rocheux de moins de 100 x 50 m. Il s'agit ici d'un objet contrastant violemment avec son environnement dans la plupart des canaux de Landsat, mais d'autres scènes de dimensions inférieures et de contraste moindre peuvent parfois être détectés, comme le montre l'étude du contenu de la tache élémentaire.

5. La résolution spectrale désigne l'intervalle des longueurs d'ondes auquel est sensible le capteur utilisé.

d) Données de télédétection et dimensions des «objets géographiques»

La nature des phénomènes enregistrés par les opérations de télédétection pose un autre type de problèmes, qui ressortit non seulement à l'échelle cartographique, mais aussi aux rapports entre les paysages géographiques et le contenu même de la tache élémentaire. La *figure 219* montre que les dimensions de cette dernière la situent au niveau du géofaciès que G. BERTRAND (1969, p. 200) définit comme une unité «présentant sur une distance de quelques hectomètres à quelques kilomètres, une physionomie homogène». Or, la nature physionomique des géofaciès semble plus proche de l'aspect sensible pour les capteurs de télédétection que l'aspect malgré tout assez abstrait ou partiel de la notion de paysage géographique (G. ROUGERIE, 1969 ; Y. LACOSTE, 1977). Pour interpréter des documents de télédétection, il faut donc être disponible pour de nouvelles classifications concernant des «scènes au sol» pour lesquelles chaque discipline particulière a préparé une ou des classifications ou taxonomies. D'autre part, si l'aspect physionomique des paysages a le plus de chances d'être enregistré par des capteurs physiques que les classifications plus élaborées, il faut être attentif au fait que les sensibilités spectrales des capteurs sont en quelque sorte analytiques, sectorielles par rapport à notre appréhension visuelle, synthétique de toutes les longueurs d'ondes du visible. Par exemple, s'il est couramment admis que l'image du «canal 5» est assez voisine d'une photographie panchromatique, il n'en reste pas moins que des phénomènes importants comme les limites instantanées des eaux marines sur un littoral ne peuvent y être localisées avec précision : l'image de télédétection est donc dès l'origine différente de ce que nous sommes habitués à voir ; ceci est encore plus vrai dans les longueurs d'ondes extérieures au spectre visible.

Dans les régions qu'étudie le programme FRALIT, et donc les Marais Charentais, entrent en contact des paysages marins et des paysages continentaux. De même que la connaissance cartographique que l'on a de ces milieux est différente, le contenu des taches élémentaires d'enregistrement oppose un monde d'uniformité relative et de variations progressives des valeurs correspondantes du rayonnement, l'océan, à un monde où les variations spatiales des valeurs de rayonnement sont plus brutales, le continent. Dans les régions de vieille civilisation agraire de l'Europe occidentale, et particulièrement le Centre-Ouest de la France, les paysages sont fort variés et cette opposition nette. Il semble donc nécessaire d'opposer :

- d'une part les paysages à grandes mailles, formés d'unités physionomiques de grande dimension et de contenu homogène
- d'autre part, les paysages à petites mailles, aux unités physionomiques de petites dimensions vis à vis du format de la tache élémentaire, présentant un contenu le plus souvent hétérogène. De ce point de vue, les dimensions de la maille du paysage varient avec le capteur et le vecteur utilisé. Pour le système d'enregistrement de Landsat, la tache élémentaire (ou pixel) a une surface inférieure à un demi hectare (4 450 m^2) ; la dimension minimale d'un paysage homogène avec une telle résolution au niveau de l'enregistrement est de l'ordre d'une dizaine de pixels. Cependant, pour que 9 pixels par exemple aient la même réponse spectrale, il faut non seulement que leur contenu soit homogène, mais encore que les pixels voisins aient un contenu tel que leurs réponses spectrales ne puissent perturber les valeurs enregistrées lors d'un prochain passage du satellite *(figure 220)* : la maille optimum du paysage homogène semble donc devoir couvrir une surface de 25 pixels, soit environ 10 ha. Dans les Marais Charentais, de telles unités sont assez rares, au moins au niveau taxonomique où cette étude s'est jusqu'à présent située ; elles sont plus fréquentes dans les régions de grandes cultures de l'Ouest des Etats-Unis ou en pleine mer. On conviendra donc de fixer vers 10 hectares pour Landsat la limite entre les paysages à petites mailles et les paysages à grandes mailles.

CONCLUSION

Pour J. TRICART et A. HUSSON (1972, p. 387), la télédétection, par les photographies infrarouge et les thermographies «ajoute au paysage une quatrième dimension, la dimension énergétique». De nouvelles radiations, pour lesquelles nos yeux sont aveugles étant rendues sensibles par l'intermédiaire des visualisations, il devient possible d'étudier la surface de la Terre avec des moyens différents.

On distinguera alors deux groupes de longueurs d'ondes utilisées en télédétection. Jusque dans l'infrarouge proche, seule est enregistrée l'énergie réfléchie par les paysages (luminance), alors que l'infrarouge lointain utilisé par les thermographies de nuit utilise les radiations émises par les éléments du paysage (radiance). La notion d'énergie s'appliquant à toutes les parties du spectre électromagnétique, visible compris, J. TRICART et A. HUSSON ont sans doute voulu insister sur les possibilités qu'ouvre à la Géographie la prise en compte de nouvelles radiations dont une partie seulement est associée à des variations de température.

Mais il semble que l'introduction de la télédétection en Géographie ne se contente pas d'ajouter une dimension «énergétique» au paysage : elle risque de remettre en cause les catégories usuelles en Géographie. En effet, lorsqu'un phénomène terrestre est localisé de façon convenable sur une visualisation, son identification se fonde sur l'association de valeurs de rayonnement

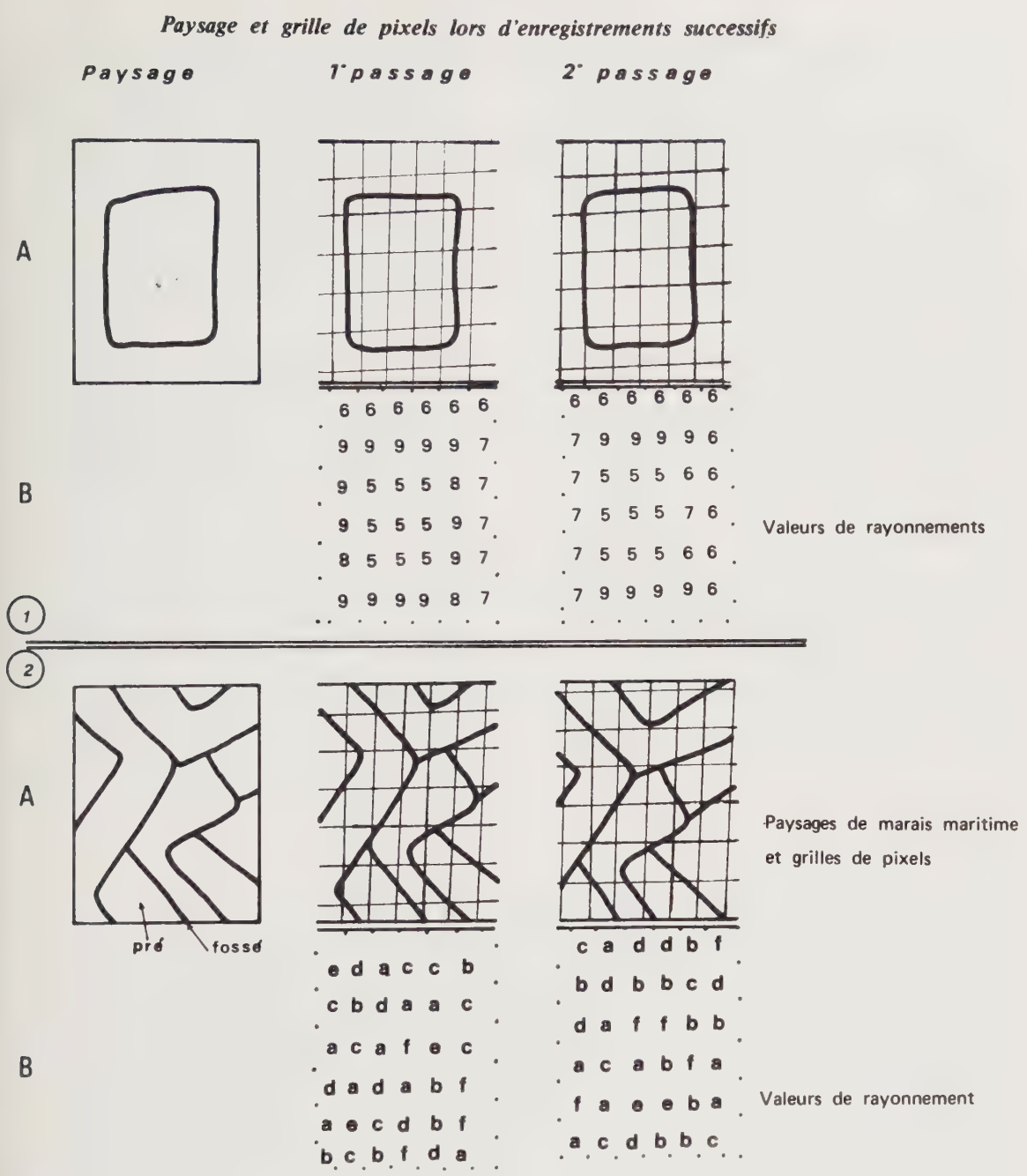


Figure 220 :
Détermination de la maille minimale du paysage pour les enregistrements Landsat

enregistrées en ce lieu : c'est la «signature spectrale» (ou signature multispectrale si l'on dispose d'enregistrements dans différents «canaux» du spectre électromagnétique). On suppose qu'il existe un rapport en quelque sorte causal entre l'aspect des paysages connus au sol et les groupes de valeurs de rayonnement dans telle ou telle longueur d'onde ; or des mesures de laboratoire citées par Ch. CAZABAT (1969, pp. 17-39), C.M. GIRARD et M.C. GIRARD (1975, pp. 8-17), ont montré que cette association valeurs de rayonnement-paysages n'était pas toujours suffisante pour décrire les paysages, et que quelques confusions pouvaient en résulter.

C'est la raison pour laquelle deux types de classifications semblent pouvoir être obtenus à partir des données de télédétection : des «parataxonomies» (P. DEMATHIEU, F. VERGER, 1975, p. 73) si on s'efforce de les rapprocher des catégories géographiques habituelles ou taxonomies, ou des «néotaxonomies» (R. REGRAIN, 1976 c, p. 40 ; F. VERGER, 1976, p. 48) si on ne classe les paysages qu'en fonction de leurs aspects dans les longueurs d'onde considérées. Dans ce dernier cas, la télédétection apporte effectivement une nouvelle dimension à la Géographie.

III - LES PROGRAMMES FRALIT DE TÉLÉDÉTECTION PAR SATELLITES.

L'analyse par télédétection des paysages des Marais Charentais a été effectuée dans le cadre des programmes d'étude du LITtoral Atlantique de la FRance (FRALIT), organisé autour de Mr VERGER dès 1971, et associant le Centre de Télédétection et Analyse du Milieu Naturel de l'Ecole des Mines, l'Institut Géographique National, le Bureau de Recherches Géologiques et Minières, et des universitaires de Poitiers, Nantes et Amiens.

a) Les sujets d'étude

Les recherches de l'Equipe Fralit ont porté sur l'acquisition de résultats concernant les eaux marines, les estrans et les marais littoraux, le développement de programmes informatiques de traitement des données, le recensement des possibilités thématiques offertes par ces méthodes en fonction du niveau taxonomique d'étude. Les travaux des membres de l'équipe ont fait l'objet de multiples publications et de synthèses récentes (Equipe FRALIT, 1977, 1979).

A l'intérieur de cette équipe, notre contribution a consisté principalement à tester les programmes informatiques sur les données des Marais Charentais, à définir les possibilités taxonomiques de la télédétection dès l'arrivée des images de satellite. Dans la mesure où un véritable travail d'équipe a été réalisé, avec publication rapide des résultats, il est tout à fait possible que tel raisonnement - ou telle conclusion - exposé ici paraisse moins original qu'on aurait pu l'espérer. La méthode de travail employée a amené à faciliter la circulation des résultats et des techniques de recherche, le plus souvent collégialement mises au point, au lieu de conserver jalousement les résultats partiels pour les thèses de chacun d'entre nous.

On trouvera donc dans les chapitres suivants les méthodes de traitement utilisées pour faciliter l'interprétation des images des Marais Charentais, et l'exposé des techniques et méthodes d'établissement des cartes automatiques réalisées sur la même région. Auparavant, il importe de présenter les données obtenues à partir des satellites Landsat.

Les publications réalisées par divers membres et l'équipe FRALIT (1977) ont mis l'accent sur les résultats les plus spectaculaires ainsi que sur les technologies d'assistance mathématique développées à cette occasion ; il a semblé important ici d'insister non pas sur les machines, mais sur les méthodes de raisonnement mises en œuvre.

*Après une présentation des données utilisées, on trouvera donc dans les pages qui suivent l'exposé de diverses tentatives effectuées pour obtenir des cartes automatiques en fonction de la connaissance acquise sur le terrain. On s'est ainsi résolument situé à l'aval de la télédétection, en tant qu'utilisateur des résultats d'une technique * et non en technicien de la télédétection, utilisant certains aspects de la géographie pour justifer un raisonnement.*

b) Les satellites Landsat

Après une phase de mise au point des vecteurs (satellites automatiques) et des capteurs (scanners ou systèmes à balayage), les Américains se sont orientés dès les années 1960 vers la réalisation de satellites automatiques d'observation à usage civil. Ainsi le premier satellite consacré à l'étude des «Ressources Terrestres» fut-il mis sur orbite le 23 juillet 1972 par la NASA. Ce satellite, dénommé E.R.T.S. 1 (Earth Resources Technology Satellite), fut appelé Landsat - 1 à partir du lancement de Landsat 2 en 1975 ; cette nouvelle dénomination souligne la pertinence de ses observations sur les terres émergées.

La série des satellites Landsat, en partie dérivée des «Nimbus», comporte une série de 7 capteurs qui enregistrent en permanence l'aspect de la surface de la Terre. Leurs caractéristiques techniques permettent de comprendre certains aspects des données utilisées.

Les satellites Landsat et leurs déplacements

Les satellites Landsat pèsent approximativement 950 kg, mesurent 3 m de haut, 1,50 m de diamètre et près de 4 m d'envergure lorsque les panneaux solaires sont dépliés. La partie supérieure assure la stabilité de l'appareillage, le contrôle et la correction de l'attitude et de l'altitude, grâce à l'énergie captée par les panneaux solaires *(figure 221)*. La partie inférieure, dirigée constamment vers la Terre contient les capteurs, deux enregistreurs vidéo, des organes de climatisation et des équipements de télécommunication.

* comme on l'avait fait supra pour d'autres techniques

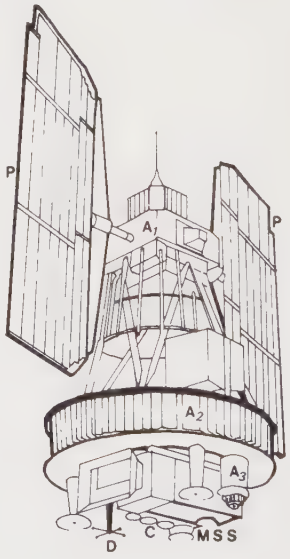


Figure 221 :

Le satellite Landsat

(Earth Resources Technology Satellite)

Alimenté en énergie par les deux panneaux solaires P, il se déplace à 910 km de la Terre, grâce à ses appareils situés en A1, A2, A3. Dans sa partie «inférieure», qui observe la surface terrestre, sont situés les caméras C et le scanner multi-spectral (MSS), lequel fournit 4 images simultanées dans le vert, l'orangé, le rouge et l'infrarouge. L'antenne D envoie sur la Terre les données recueillies.

(d'après le ERTS Data Users Handbook de la NASA)

L'orbite de ces satellites a été conçue de façon à ce que les documents fournis soient comparables entre eux, à une même époque comme à des époques différentes : les conditions d'éclairement et d'échelle - donc l'altitude du satellite - doivent être le plus constantes possible. La constance de l'échelle est obtenue par une orbite grossièrement circulaire, puisque le périgée et l'apogée de l'orbite sont voisins de 912 km ; d'autres contraintes, en particulier les caractéristiques des enregistreurs, conduisent à une période de révolution d'environ 103 mn.

L'homogénéité d'éclairement est assurée par la constance de l'angle entre le plan de l'orbite et la direction Terre-Soleil ; ceci est obtenu par une orbite qui précessionne dans le même sens et à la même vitesse angulaire que le mouvement du Soleil moyen autour de la Terre, soit environ 1° par jour. Cette orbite héliosynchrone* et rétrograde se trouve être inclinée de 99°09' sur le plan de l'Equateur. Le satellite décrit une trajectoire descendante (nord/sud) sur la face éclairée de la Terre et ascendante (sud/nord) sur la face obscure ; au nœud descendant, intersection de l'orbite avec le plan de l'Equateur terrestre lorsque le satellite passe de l'hémisphère nord à l'hémisphère sud, l'heure civile locale était voisine de 9 h 42 mn (pour Landsat 1) ; l'heure T.U. des passages au-dessus de la Charente Maritime est en fait située entre 10 h 10 mn et 10 h 25 mn, car les paramètres de l'orbite subissent certaines modifications pendant la durée de l'expérience (R. REGRAIN, F. VERGER, 1976, p. 10).

Cette constance d'heure a des conséquences intéressantes pour l'étude des estrans (F. VERGER, G. JOLY, 1974) car elle montre différentes phases de la marée ; elle permet aussi d'étudier, à terre, quels sont les éléments principaux du paysage, sans être trop gêné par les ombres (R. REGRAIN, F. VERGER, 1976, p. 12).

Les satellites survolent donc à la même heure, et tous les 18 jours, la même région du globe *(figure 222)*. En réalité, deux passages successifs étant distants à l'Equateur de 2869 km environ, au bout de 14 révolutions (environ 24 heures), le satellite repasse à 159 km plus à l'Ouest que la veille - à l'Equateur du moins -. Il était donc théoriquement possible d'obtenir des enregistrements concernant deux jours consécutifs (R. REGRAIN, 1973 b) ; cela n'a été réalisé qu'en novembre 1975, mars, mai et juin 1976 pour la Charente Maritime, aussi doit-on se contenter d'enregistrements séparés par une période minimale de 18 jours ; depuis que Landsat 2 a été mis sur orbite (22 janvier 1975), des images prises à 9 jours d'intervalle ont pu être obtenues.

Les satellites Landsat sont donc susceptibles de fournir, tous les 9 jours des images de la surface de la Terre, à la même échelle, et enregistrées avec le même éclairement. Mais quelle est la nature de ces images ?

c) Les enregistrements Landsat

Deux séries de données, enregistrées par trois caméras de télévision (système RBV, Return Beam Vidicon) et par un système à balayage multispectral (MSS ou Multi Spectral Scanner) peuvent être obtenues à partir de Landsat. Seules les données MSS ont pu être utilisées au-dessus des territoires non américains.

Les données MSS sont obtenues au moyen d'une série de quatre détecteurs à balayage multispectral *(figure 223)* ; chaque détecteur est sensible à une partie du spectre électromagnétique correspondant à des bandes précises *(tableau 53)*.

* On dit plutôt «orbite à ensoleillement constant».

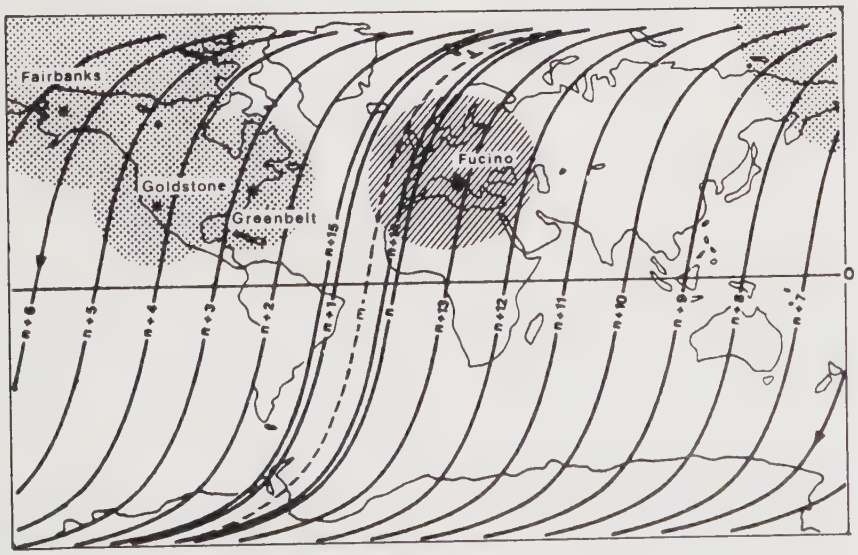


Figure 222 :

Les passages des satellites LANDSAT

(extrait de Fralit, 1977, p. 14)

Entre les révolutions n et n + 1, le déplacement du nœud descendant est d'environ 2869 km vers l'Ouest, et ainsi de suite pour les révolutions suivantes. Le nœud de la révolution n + 14 ne coïncide pas avec celui de la révolution n, mais se trouve 159 km plus à l'Ouest).

(les aires dans lesquelles le satellite passe en vue d'au moins une station au sol ont été signalées (situation 1978).)

DÉTECTEUR	BANDE SPECTRALE	COULEUR
canal 4	0,5 – 0,6 micromètre	vert
canal 5	0,6 – 0,7 micromètre	orangé, début du rouge
canal 6	0,7 – 0,8 micromètre	rouge et début de l'infrarouge
canal 7	0,8 – 1,1 micromètre	(infrarouge)

Tableau 53 :
Sensibilité des détecteurs (capteurs) du système à balayage de Landsat

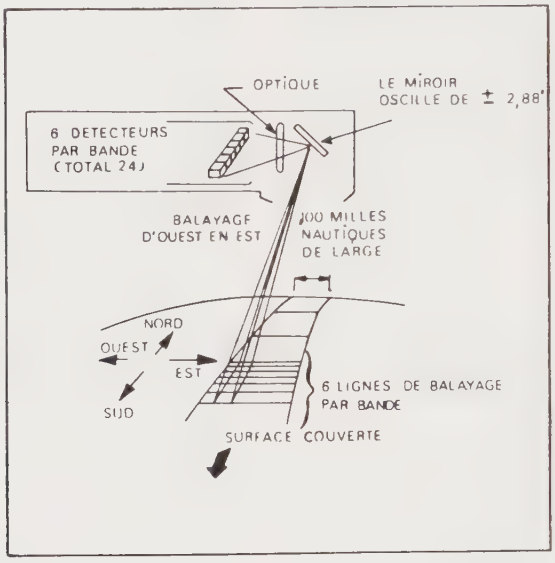


Figure 223 :
Enregistrement par balayage multispectral
(d'après le «Data Users Handbook» de la NASA)

La détection s'opère donc à la fois dans la fenêtre visible du spectre (canaux 4, 5 et partiellement 6) et dans l'invisible (canal 7 et partiellement 6) ; les enregistrements dans les canaux 6 et 7 sont voisins de ceux effectués par les photographies infrarouge, mais la limite spectrale du canal 7 dans l'infrarouge dépasse les possibilités de l'émulsion photographique. Cependant l'infrarouge «thermique» n'est pas atteint par les capteurs actuels de Landsat ; Landsat 3 comporte un détecteur thermique, sensible entre 10,4 et 12,6 micromètres, mais ce détecteur n'a pas fonctionné longtemps.

Le balayage s'effectue au moyen de miroirs oscillant de 2,88° autour d'un axe orienté dans le sens du vol de Landsat, à raison de 13 périodes par seconde. Cette oscillation comporte une phase active pendant laquelle les images sont enregistrées (balayage d'ouest en est), puis une phase passive. Les détecteurs sont des tubes photomultiplicateurs pour les canaux 4, 5 et 6, et des photodiodes au silicium pour le canal 7. Il y a 6 cellules sensibles dans chacune des bandes, soit 24 cellules disposées dans le plan focal du télescope qui reçoivent les quantités d'énergie réfléchies par le miroir oscillant.

Chaque ligne de balayage mesure 79 m au sol : 474 mètres sont donc balayés simultanément ; la juxtaposition des divers «blocs» de 6 lignes enregistrés dans le sens de progression du satellite permet de reconstituer des images. L'unité d'enregistrement au sol est un parallélogramme de 57 m x 79 m, unité que l'on désigne habituellement soit par le terme anglo-saxon de «pixel» (contraction de «picture element») soit par «tache élémentaire» (D.J. DAVID, J. DERIES, F. VERGER, 1974, p. 13), ou encore «tache au sol».

L'information enregistrée est codée en mots de 6 bits (1 «bit», contraction de «binary digit» étant un chiffre binaire, selon D.J. DAVID, 1974, p. 13) , et 2,5 millions de bits sont transmis chaque seconde. En plus des données concernant les taches élémentaires, des informations auxiliaires sont transmises au sol : elles permettent d'étalonner les échelles de densité et de corriger les irrégularités de fonctionnement des capteurs, voire du vecteur.

Les enregistrements Landsat sont donc des enregistrements de type électromagnétique et non photographique. Ces enregistrements numériques reçoivent différents traitements, dont une traduction en images photographiques à 16 niveaux de gris.

d) Les images Landsat

Elles sont fournies par la NASA soit sous forme de films négatifs de 70 mm - échelle 1/3.369.000 -, soit sous forme de films positifs à l'échelle du 1/1 000 000. Depuis 1976, le G.D.T.A. (Groupement pour le Développement de la Télédétection Aéro-spatiale) diffuse en exclusivité à 1/1 400 000 environ des images captées par le centre de Telespazio, près de Rome.

- Les images fournies par la NASA-EDC (EROS Data Center)

Les images de la NASA sont annotées comme suit :

a	b	c	d	e	f
11 JUL 73	CN 45-59/W001-20	N N 45-58/W001-10	MSS 6	R	SUN EL 57

g	h	i	j	k	l	m	n	o	p
AZ 129	192	4918	-N-1-N-D	2 L	NASA ERTS E-1	353	10244	6	01

a) 11 JUL 73 : 11 juillet 1973. Date de création de l'image; correspond le plus souvent à la date d'enregistrement, indiquée en « m »;

b) C N 45-59/W001-20 : coordonnées du centre géométrique de l'image, exprimées en degrés et minutes;

c) N N 45-58/W001-10 : coordonnées du nadir du satellite (perpendiculaire abaissée du satellite sur l'ellipsoïde terrestre). Les coordonnées du centre et du nadir étant voisines, l'image présente de bonnes qualités géométriques;

d) MSS 6 : capteur à balayage multispectral MSS, travaillant dans le canal 6 (ou 4, ou 5, ou 7);

e) R : informations stockées à bord du satellite (registered), puis transmises au sol; « D » pour direct dans le cas contraire;

f) SUN EL 157 : élévation droite du Soleil = hauteur du Soleil au-dessus du plan horizontal passant par le centre de l'image;

g) AZ 129 : azimut du Soleil = angle que forme la direction du Soleil avec la direction du Nord, mesuré en degrés dans le sens rétrograde; ici, 129°, soit approximativement Sud-Est : utile pour repérer les ombres et les mesurer;

h) 192 : direction du satellite en degrés au-dessus du point central.

i) 4918 : numéro du nœud descendant de l'orbite (intersection de la trajectoire du satellite et du plan de l'Equateur, franchie dans le sens Nord/Sud) au cours de laquelle le satellite a transmis les données enregistrées;

j) N : désigne la station réceptrice, ici Greenbelt dans le Maryland (Network Test and Training Facility);

j) 1 : image complète;

j) N : traitement normal (A si anormal);

j) D : éphémérides définitives (P si provisoires). Ces trois dernières informations identifient une image d'excellente qualité;

k) 2L : indications concernant le traitement électronique subi : 1 pour le mode linéaire, 2 pour le mode comprimé; L pour low, faible gain électronique; H pour high, fort gain électronique.

l) NASA ERTS E 1 : nom de l'organisme éditeur de l'image (NASA), de la mission (ERTS); E pour ERTS ou Landsat; 1 ou 5 pour Landsat 1, 2 ou 6 pour Landsat 2;

m) 353 : nombre de jours comptés entre le lancement du satellite (001 : 23 juillet 1972) et la date d'enregistrement; ici, le 11 juillet 1973;

n) 10244 : 10 h 24 mn et 4 dizaines de secondes : heure en Temps Universel de l'enregistrement au-dessus du point central;

o) 6 : rappel du canal d'enregistrement (ou 4, ou 5, ou 7);

p) 01 : copie de l'original.

- Les images fournies par Telespazio-GDTA

Les images provenant du Centre de Telespazio sont annotées comme suit :

- Echelle de gris
- Programme et numéro de série du satellite
- Date de prise de vues
- Numéro de l'orbite (depuis le lancement)
- Numéro du cycle : le cycle est la période de 18 jours séparant deux passages du satellite en un même lieu.
- Numéro du canal
- Coordonnées du centre de l'image
- Trace / scène : coordonnées de l'image dans une grille standard où la trace est un code d'orbite et la scène est un code de latitude.
- Soleil (mrad) : élévation et azimut du Soleil rapportés au point central de l'image et exprimés en milliradians.

Le traitement des images fournies par la NASA ou le GDTA fait l'objet de la troisième partie de ce chapitre.

e) Les bandes magnétiques

Chaque «image» Landsat peut être obtenue sous forme de bandes magnétiques ; le format usuel est d'une bande à 9 pistes de 1600 bpi (1600 bits per inch). Chaque bande magnétique contient donc les 2340 lignes successives d'enregistrement comportant chacun 3240 taches élémentaires, 7 581 600 informations pour chaque canal et 30 326 400 informations pour les 4 canaux, auxquels il faut ajouter différentes informations «de service», disposées comme suit :

- un enregistrement d'identification,
- un enregistrement d'annotation,
- 2340 enregistrements contenant les données

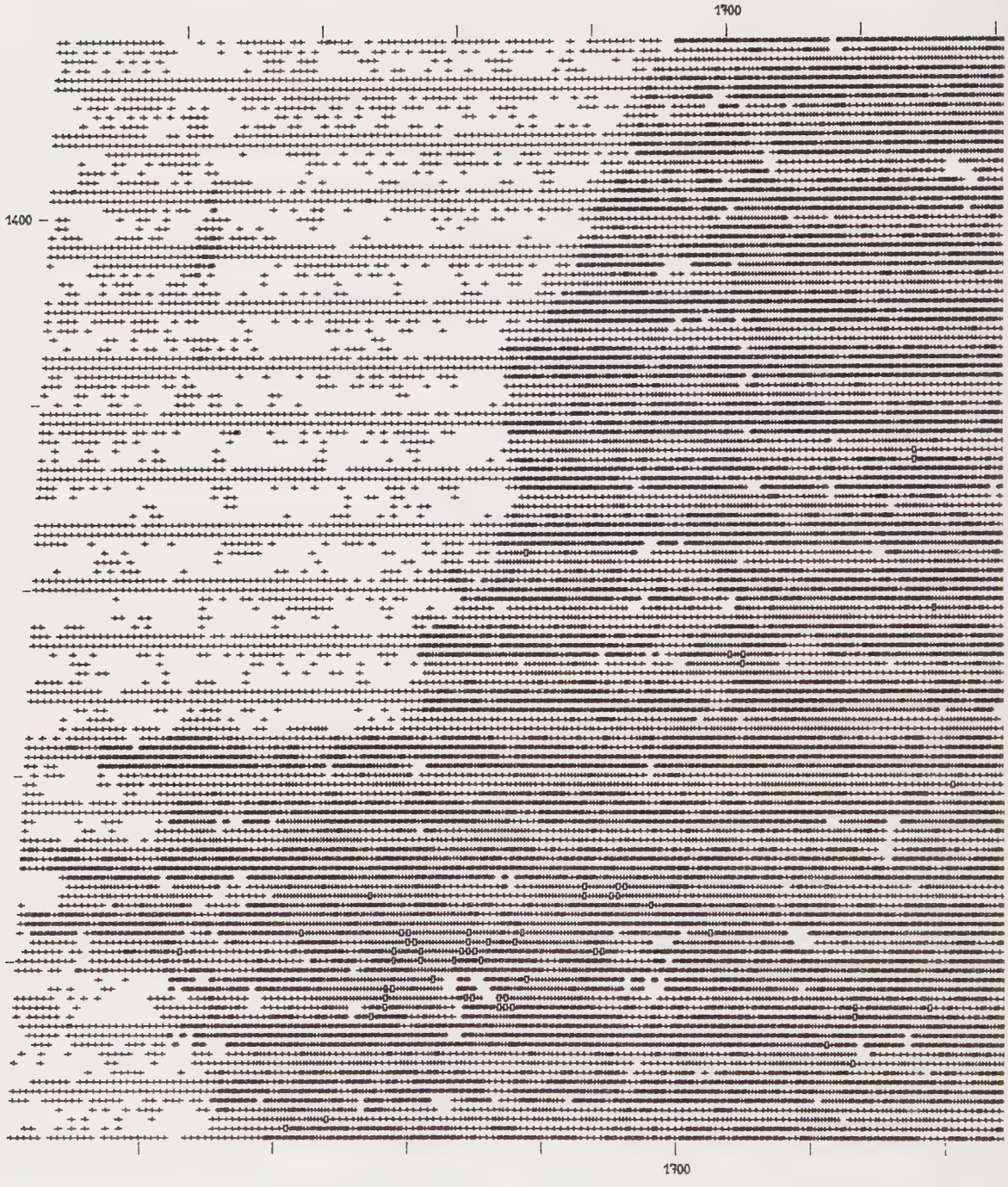


Figure 224 :

Exemple d'effet de lignage dû à une défectuosité de deux capteurs
(image du 19 décembre 1975, canal 4)

MSS pour le premier quart de chaque ligne de balayage (l'image est en effet découpée en 4 «strips» de 46,25 km de large et de 185 km de long),
- un enregistrement d'identification (2ème strip),
- un enregistrement d'annotation (2ème strip),
- 2340 enregistrements contenant les données MSS pour le deuxième quart de chaque ligne de balayage (2ème strip),
- un enregistrement d'identification (3ème strip),
- un enregistrement d'annotation (3ème strip),
- 2340 enregistrements contenant les données MSS pour le troisième quart de chaque ligne de balayage (3ème strip),
- un enregistrement d'identification (4ème strip),
- un enregistrement d'annotation (4ème strip),
- 2340 enregistrements contenant les données MSS pour le quatrième quart de chaque ligne de balayage (4ème strip),
- fichier portant le code d'identification SIAT dont nous ne donnerons pas ici de description.

Le système de détection MSS mesure le niveau de luminance observé sur la tache élémentaire dans la bande spectrale concernée. Cette quantité se présente sous la forme vidéo, c'est-à-dire d'un signal correspondant à une variation continue de la différence de potentiel existant à la sortie du système MSS. Cette information analogique est numérisée et codée sur un octet (8 bits) permettant une variation des valeurs entre 0 et 255 ; en réalité, 63 niveaux (mode linéaire) ou 127 niveaux (mode comprimé) sont utilisés.

Ces données sont ensuite corrigées. On vérifie que le nombre de points par ligne est bien de 3240, en tronquant la ligne excédentaire ou en répétant le dernier enregistrement de la ligne déficitaire. On peut aussi théoriquement vérifier le calibrage du radiomètre grâce à des enregistrements effectués pendant la phase passive du balayage, mais la persistance de lignage sur les images suggère que cette calibration n'a pas toujours eu le résultat escompté. *(figure 224).*

On peut enfin comprimer les valeurs trop fortes pour qu'elles ne perturbent pas les valeurs faibles. Au sol, une décompression est réalisée si nécessaire.

Au sol, les données sont enregistrées, contrôlées, éventuellement corrigées, classées et fournies aux utilisateurs.

f) Les enregistrements sur les Marais Charentais

Ils sont portés sur le *tableau 54* où la première colonne indique la date de prise de vue, la seconde le numéro de code NASA, la troisième l'origine (N pour NASA, T pour Telespazio) ; en colonne 4 figure la qualité canal par canal, dans l'ordre 4, 5, 6, 7 : 5 signale une faible qualité, 8 un excellent enregistrement ; la colonne 5 indique la couverture nuageuse ; la colonne 6 l'existence de bandes numériques, cochées par un astérisque en colonne 7 si on les a reçues et utilisées.

1	2	3	4	5	6	7
02-11-72	1102-10305	N	88/8	70		
11-07-73	**1353-10244**	N	5858	10	x	x
8-03-75		N				
04-06-75	**2133-10131**	N	8558	50	x	
01-07-75		T				
27-07-75		T		00		
28-07-75	2187-10125	N	8888	20	x	x
20-09-75	2241-10120	N	5888	50		
04-11-75		T				
21-11-75		T			x	x
22-11-75		T			x	x
19-12-75	**2331-1011**	N	8888	10	x	x
15-01-76		T	8888		x	
08-03-76		T				
09-03-76		T	8888	00	x	x
13-04-76		T	8888		x	
01-05-76		T	8888	00	x	
02-05-76		T				
06-06-76		T				
07-06-76		T	8888	00	x	
25-06-76		T	8888	00	x	x
18-08-76		T	8888	00	x	x
25-11-76		T	8888	00		
30.03.77						
04-08-77		T	8888	—	x	
15-10-77		T		00		

Tableau 54 :

Données LANDSAT utilisables sur le littoral charentais

En italique les enregistrements correspondant à la scène 215/28, les Marais Charentais sont partiellement représentés au sud-ouest de l'image ; en droit, les enregistrements correspondant à la scène 216/28 dans laquelle les Marais Charentais occupent la partie centrale de l'image.

La télédétection peut donc permettre de porter un nouveau regard sur des phénomènes terrestres connus par ailleurs : par l'intermédiaire de longueurs d'ondes parfois extérieures au spectre visible, des échelles de restitution, elle fournit des visualisations assez différentes des photographies aériennes classiques.

Les programmes Fralit, réalisés à partir des données Landsat ont permis d'utiliser des enregistrements des Marais Charentais : c'est par l'étude des images de cette région obtenues par satellites, que se poursuit cet essai de géographie physique.

2 - LES IMAGES DES MARAIS CHARENTAIS

Les conditions techniques de l'orbite des satellites Landsat, leurs passages tous les 18 jours au-dessus de la même région, la possibilité d'obtenir des images prises lors de journées contiguës avaient fait croire que les utilisateurs croule-raient rapidement sous la masse des informations.

En effet, par suite de la situation en latitude du littoral charentais : Royan 45°37' N, Rochefort 45°57' N, La Rochelle 46°09' N, l'image Landsat enregistrée le jour J recouvre à 40 % l'image du jour J-1 et à 40 % celle du jour J 1 : à partir d'une première orbite passant à la verticale de Niort et de Saujon par exemple, deux enregistrements des Marais Charentais pouvaient être espérés pendant deux journées consécutives (figure 225 ; R. REGRAIN, 1973 b). Cet événement ne s'est pas produit à chacun des passages de Landsat, en raison des caractéristiques de la mémoire à bord du satellite et des conditions d'éclairement solaire ou climatiques.

I - LES CONDITIONS GÉNÉRALES DES ENREGISTREMENTS LANDSAT

Les conditions générales des enregistrements Landsat peuvent être réparties en deux groupes. Les conditions générales, valables pour l'ensemble de l'expérience et tout le littoral du centre ouest de la France commandent l'existence ou non d'enregistrements ; les conditions locales, quant à elles, régissent la qualité du document fourni et sa pertinence pour les études en cours.

1 - Les contraintes liées au satellite

Chaque passage du satellite ne donne pas lieu à enregistrement d'images : il peut arriver en effet que l'appareillage soit momentanément hors d'état de fonctionner correctement, si les stations de poursuite et de maintenance au sol sont en train de corriger un circuit défectueux, ou que la mémoire embarquée transmette les données emmagasinées antérieurement. Mais le cas le plus général est celui où la mémoire est saturée.

La *figure 222* montre les régions du globe pour lesquelles la réception des données peut se faire en même temps que leur enregistrement : l'intervention de la mémoire embarquée n'est alors pas nécessaire. Avant la mise en service de la station italienne Telespazio à Fucino, près de Rome, les images du littoral charentais devaient donc transiter par la mémoire du satellite : ceci contribue sans doute à expliquer que 4 séries d'images seulement furent fournies par Landsat 1 de 1972 à 1974. Depuis 1975, la fréquence des enregistrements sur le littoral charentais a été largement améliorée *(tableau 54)*.

2 - Les contraintes d'éclairement solaire

Les satellites Landsat 1, 2 et 3 n'ayant que des capteurs sensibles aux radiations du visible et du proche infrarouge procèdent à des enregistrements seulement pendant le jour.

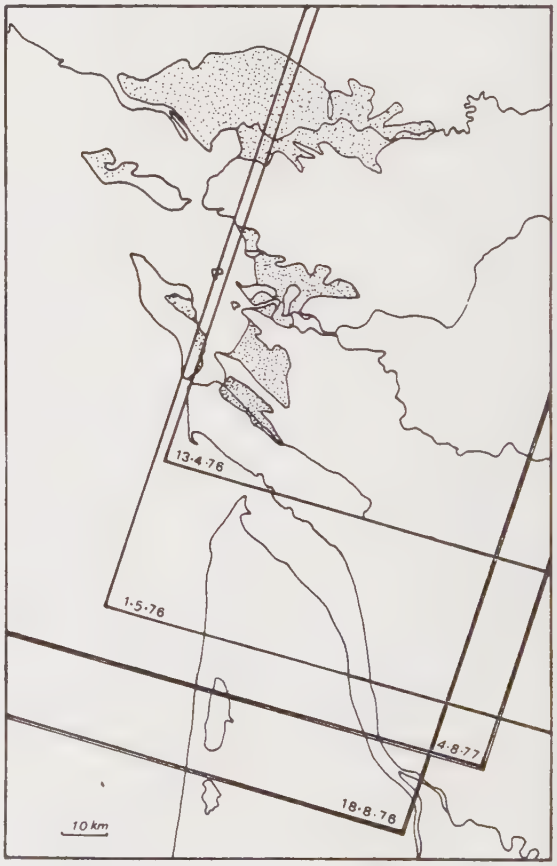


Figure 225 :

Recouvrement effectif d'images Landsat sur les Marais Charentais

Landsat ne pouvant enregistrer que de jour, on a admis lors de son lancement qu'une élévation solaire de l'ordre de 30° était nécessaire pour que l'identification des paysages au sol soit possible dans de bonnes conditions. La hauteur du Soleil au moment de l'enregistrement détermine en effet la quantité d'énergie reçue par la tache élémentaire, et donc la valeur du rayonnement réfléchi que peuvent enregistrer les capteurs de télédétection. A la latitude du littoral charentais (46° environ), et à l'heure du passage de Landsat, la période utile des passages Landsat était théoriquement réduite aux mois séparant fin Février et début Novembre. Les dates d'enregistrement portées sur la *figure 226* montrent que cette contrainte n'a pas toujours été respectée, puisque l'on dispose non seulement d'images d'été, mais aussi d'une série d'images d'hiver pour lesquelles l'élévation solaire est inférieure à 30°.

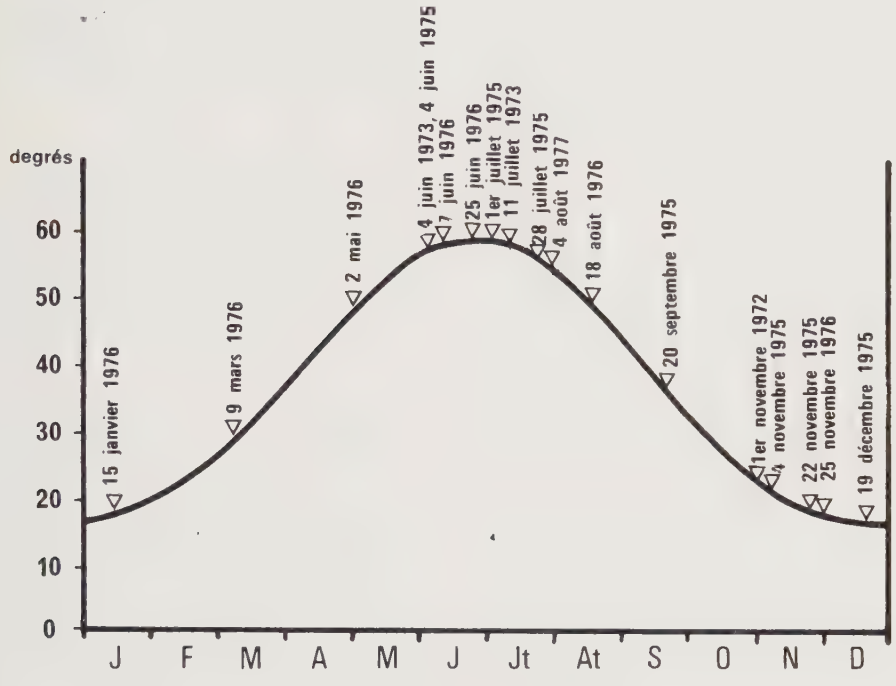


Figure 226 :

Variation de la hauteur du Soleil en degrés et à 46° N, à l'heure des passages des satellites Landsat

3 - Les contraintes climatiques

Les contrats passés avec la NASA pour le programme Fralit stipulaient que les enregistrements ne devaient être fournis que si la couverture nuageuse était inférieure à 60 %, puis 50 %.

Même avec une contrainte à l'échelle régionale de 50 % de couverture nuageuse, tous les passages du satellite ne peuvent donner lieu à des enregistrements, comme le montre le tableau suivant, concernant la nébulosité moyenne à 9 h et 12 h T.U. *(tableau 55) :*

Station	Heure TU	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D
Poitiers	9 h	76	73	70	61	64	67	63	63	64	68	80	81
	12 h	74	70	71	66	67	70	66	66	66	69	80	80
Cognac	9 h	72	67	66	59	62	61	60	58	63	63	75	81
	12 h	72	69	69	64	63	67	62	62	64	65	72	77
Chassiron	9 h	72	68	67	57	56	58	57	59	63	65	75	80
	12 h	69	66	65	56	55	55	55	55	63	61	73	79
Bordeaux	9 h	69	64	65	57	61	61	59	56	59	61	70	78
	12 h	71	64	65	61	62	63	61	60	61	62	70	76

Tableau 55 :

Nébulosité moyenne mensuelle pour la période 1951 - 1960 dans quelques stations voisines de la Charente-Maritime, aux heures proches des passages de Landsat

(Nébulosité exprimée en pour cent)

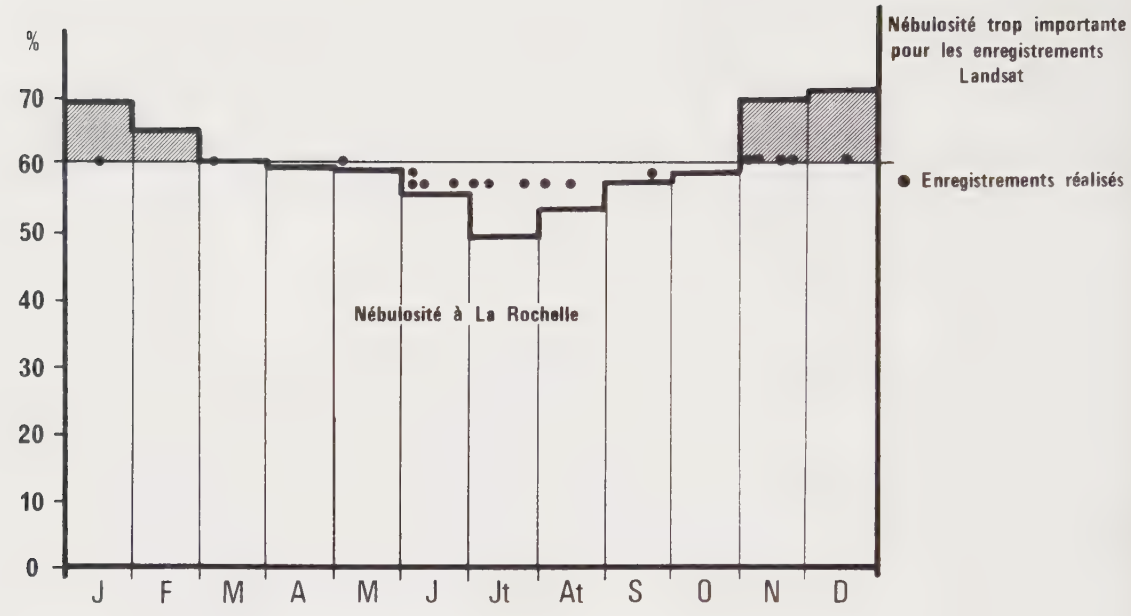


Figure 227 :

Nébulosité à La Rochelle à midi, de 1951 à 1976
et nébulosité maximale pour les enregistrements Landsat

Les relevés effectués à La Rochelle, à midi TU et pour la période 1951-1974 montrent que la nébulosité moyenne n'est inférieure à 60 % que de Mars-Avril à Octobre *(figure 227)*. Bien que les conditions instantanées vers 10 h 20 TU puissent être bien meilleures que ne le suggèrent ces moyennes, la nébulosité régionale constitue la contrainte majeure pour les expériences de télédétection.

Mais l'échelle régionale est insuffisamment précise pour permettre d'obtenir des images utilisables sur une région de dimension donnée. Ainsi, alors que la couverture nuageuse le 28 juillet 1975 était de 20 %, les nuages stratiformes (stratus ou stratocumulus) masquent partiellement les Marais Charentais ; le 4 juin 1975, une couverture nuageuse de 50 % formée de cumulus étendue sur le continent masque les marais au-delà d'une dizaine de kilomètres de la pleine mer *(figure 228)*. Etablie par un flux de Nord-Ouest, cette masse nuageuse ne dégage à terre qu'une étroite frange dont les limites rappellent celles du prisme littoral (I, 2, p. 49).

Cet ensemble de contraintes explique que pour 70 passages de satellites Landsat 1 entre juillet 1972 et décembre 1975, le nombre des enregistrements disponibles soit de 3 ; la mise en service de Telespazio a amélioré la couverture de la région étudiée, puisque de janvier 1975 à décembre 1977, on dispose de 9 images ainsi que de 4 couples d'enregistrements successifs effectués les 21 et 22 novembre 1975, 8 et 9 mars, 1 et 2 mai, 6 et 7 juin 1976.

II - LES IMAGES LANDSAT DES MARAIS CHARENTAIS

Alors que l'on espérait pouvoir obtenir les images peu de temps après leur enregistrement, des délais importants ont toujours séparé l'acquisition des données par la NASA et l'arrivée des images en France, de l'ordre de six à huit mois au moins. Il n'était donc guère possible de réaliser systématiquement des campagnes de «vérité de terrain» au moment même des passages Landsat comme cela fut réalisé en 1972 en France, ou aux Etats-Unis (V. KLEMAS, D. BARTLETT, W. PHILPOT, R. ROGERS, L. REED, 1974, pp. 153-179).

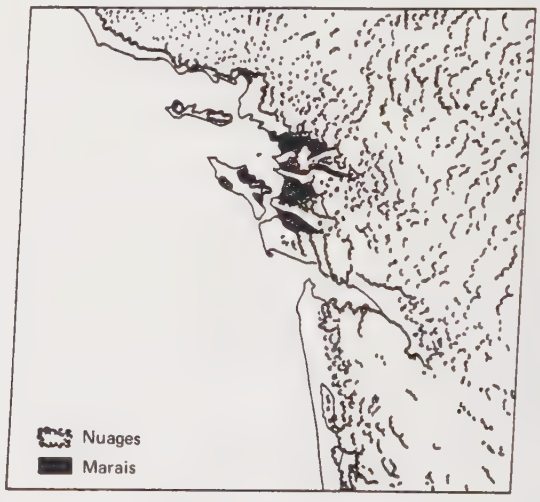


Figure 228 :

Couverture nuageuse à 50 % le 4 juin 1975 à 10 h 13 mn T.U.
On notera l'effet du relief sur le développement des nuages et le ciel dégagé en partie au-dessus des marais par vent de Nord-Ouest
(Croquis d'après équidensités des canaux 7 et 5)

La région comprise entre La Rochelle et Royan est particulièrement riche en phénomènes naturels, et de nombreux termes du Vocabulaire des Ressources

Terrestres (NASA, 1971, pp. 4-15 et 4-16) peuvent y être appliqués concernant l'aspect du paysage (plaine alluviale, plaine côtière, rivière à méandres, plaine, vallée synclinale, île), la géomorphologie littorale (baie, flèches d'entrée de baie, cordons littoraux, tombolos, marais, slikkes, schorres, wadden, vasières) ou la dynamique marine (transports littoraux, courants, dérives) ainsi que la plupart des formes nuageuses (stratus, nimbus, cumulus et leurs combinaisons).

La visibilité des formes de l'estran est fonction du cœfficient de marée, celle des formes littorales dépend de la présence ou non de végétation (opposition été, hiver), des antécédents climatiques, et aussi du canal considéré, paramètres qui feront l'objet d'une étude détaillée.

1 - Le littoral charentais au millionième *(figure 229)*

L'intérêt premier des images Landsat, observées à l'œil nu et à leur échelle de restitution, proche du millionième est de montrer les phénomènes déjà connus à une échelle inhabituelle. Les différents procédés de traitement d'images permettront ensuite d'affiner cette première analyse.

a) Monotonie générale

A cette échelle, le critère physionomique principal des marais de Rochefort et de Brouage, aussi bien le 11 juillet 1973 que le 22 novembre 1975 ou le 18 août 1976 semble bien être la monotonie d'aspect du paysage, son homogénéité dans tous les canaux. Au milieu des terres hautes aux paysages diversifiés, qui se signalent par un tramé de points de tonalités contrastées, les marais à herbages de Rochefort et de Brouage et d'autres marais littoraux, comme le marais Poitevin ou le marais Breton, s'identifient par une trame plus fine de points de tonalités voisines. Cet aspect est dû à l'occupation du sol (prairies permanentes), mais ne caractérise pas uniquement les paysages de marais : les forêts de feuillus ou de conifères, les slikkes ou les estrans sableux présentent la même texture monotone qui est le propre des paysages homogènes et peu contrastés. Du moins, ce caractère du paysage des marais ressort-il d'une étude globale à des échelles égales ou supérieures au millionième.

On doit remarquer toutefois que cette texture uniforme ne peut suffire à définir l'intégralité de ces marais à herbages, même si on l'associe à une densité de gris. En effet, si un tel procédé était susceptible de séparer les îles du marais de Rochefort, en été comme en hiver, la partie occidentale du marais de Brouage, entre Plaisance, Hiers et Bourcefranc en serait exclue, car elle présente de grandes parcelles à forte réflectance dans les canaux 6 et 7 en novembre *(figure 229)* et décembre 1975 *(figure 231)*.

Les marais de la Seudre se différencient des autres Marais Charentais, particulièrement sur les images des canaux 6 et 7 sensibles à l'infrarouge. Les régions contenant une notable proportion d'eau libre apparaissent plus sombres que les marais à herbages voisins : sur l'image du 22 novembre 1975, et dès le 1/1 400 000, échelle de la restitution GDTA, on distingue très bien les marais à herbages d'Artouan, de Nieulle et de l'Eguille, des marais à poissons ou claires à huîtres qui couvrent le reste de cette région.

Ajoutons qu'il peut être troublant de constater que sur les images du 22 novembre 1975, l'aspect des marais à herbages de Charente-Maritime semble plus proche de la Plaine de Luçon que du Marais Poitevin.

b) Diversité interne

A l'intérieur de cette uniformité générale, d'autres aspects du paysage de marais, situés à un niveau taxonomique inférieur peuvent être mis en évidence, à partir des mêmes images à 1/1 000 000 ou à 1/1 400 000. Certains phénomènes sont visibles quelles que soient la date d'enregistrement ou la bande spectrale ; d'autres ne sont que partiellement visibles.

D'une façon générale, le cours de la Charente et celui du Havre de Brouage et de la Seudre (eau et slikkes encadrantes) apparaissent sur toutes les images, ainsi que les villes de La Rochelle et de Rochefort ; mais des observations plus détaillées sur l'un ou l'autre de ces éléments de paysage ne sont pas toujours possibles sur chaque image. Les îles des marais par exemple se distinguent mieux en hiver (terres labourées ?) qu'en été (végétation en pleine croissance sur les îles comme dans les marais), où les canaux 6 et 7 en présentent la meilleure discrimination. Les principaux canaux de drainage ou d'irrigation se distinguent bien sur le canal 4 en été et dans l'infrarouge en hiver : la végétation bordière de saules et de frênes réfléchit davantage dans le vert en été, alors qu'en hiver le tapis de feuilles mortes, les troncs humides et l'eau libre absorbent l'infrarouge.

Le faible développement des zones labourées cultivées en maïs en 1973 et 1975, ne permet pas de les mettre en évidence, à l'échelle du millionième ; dans la mesure où la surface de chaque parcelle dépassera 5 ou 10 hectares, la détection de telles zones devrait être possible après agrandissement ou renforcement des contrastes (cf infra, *figure 270)*.

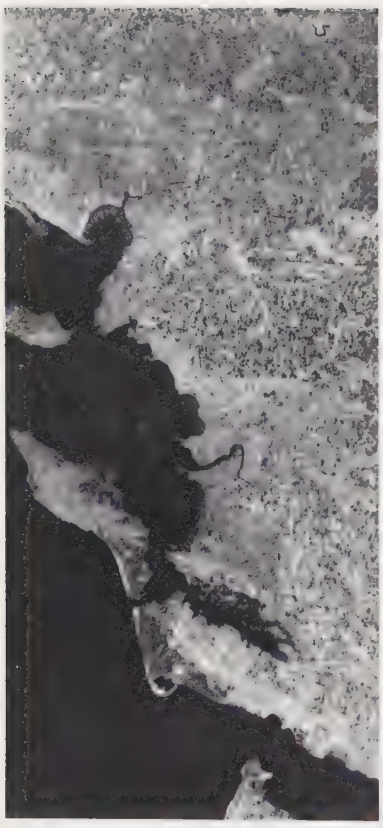
Il ne saurait être question de décrire successivement chacune des images des Marais Charentais ; après avoir présenté les traits caractéristiques du paysage révélé à un niveau taxonomique assez peu utilisé, en insistant sur l'opposition entre les vues d'hiver et celles des autres saisons, il convient d'exposer plus longuement les caractéristiques spectrales et marines des enregistrements utilisés.

2 - Les conditions spectrales des enregistrements

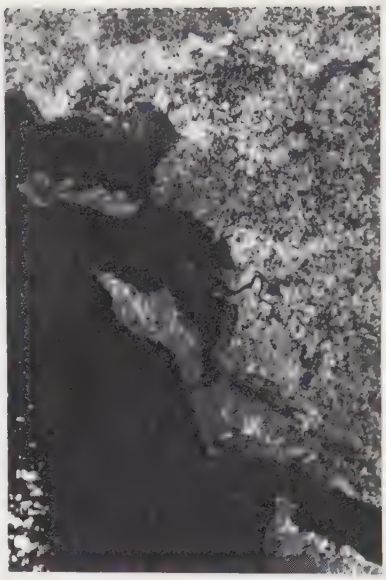
Le choix des longueurs d'onde des détecteurs de Landsat procède d'une synthèse entre les possibilités techniques de fabrication et de fonctionnement sur orbite des appareils et les besoins des utilisateurs. Alors que la multiplication des capteurs, sensibles à un canal de plus en plus étroit semblait devoir apporter davantage d'informations, de finesse et de souplesse dans l'interprétation (missions Skylab), on semble revenir actuellement à des capteurs sensibles à des canaux plus larges, voire à des capteurs de type photographique, avec navette satellite/Terre. Les canaux Landsat constituent donc une sorte de compromis entre les tendances «analytiques» qui souhaitent utiliser de nombreux canaux très étroits et les tendances «synthétiques», plus proches des habitudes des photo-interprètes.

a) Pertinence des différents canaux

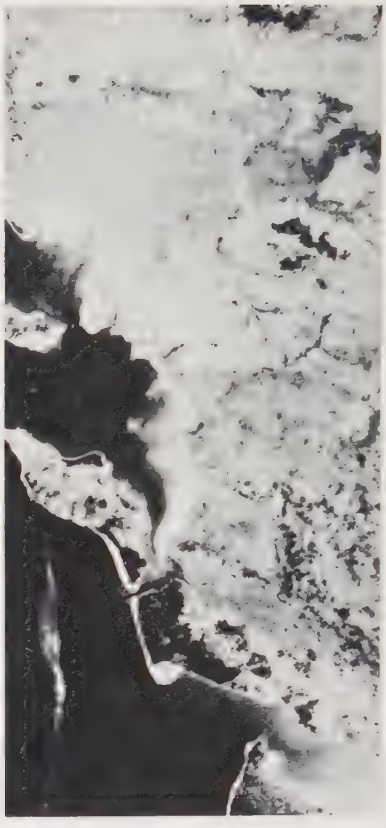
De nombreuses études comparatives entre les apports des différents canaux ont été réalisées, dans tous les domaines. J. TRICART (1975) a montré leur perti-



bande spectrale 6 11 juillet 1973



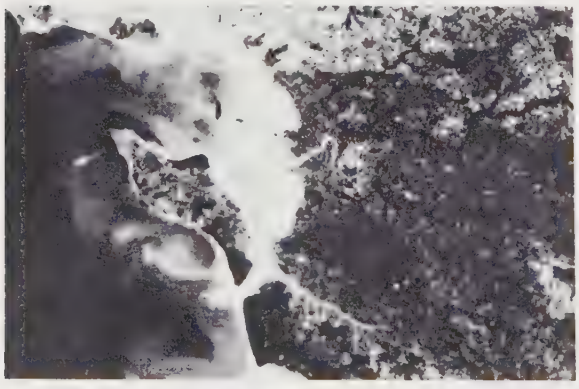
bande spectrale 7 22 novembre 1975

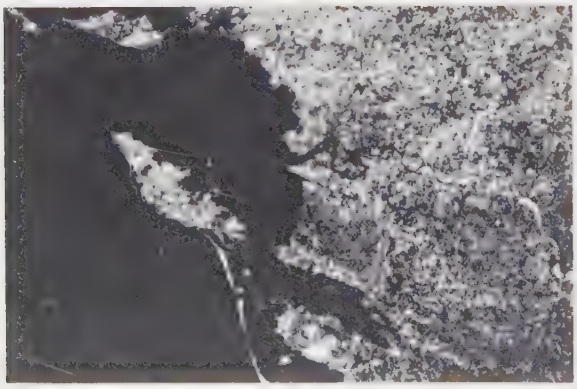


bande spectrale 4 18 août 1976

bandes spectrales 4,5, 6,7

4 août 1977 (trace 216/028)





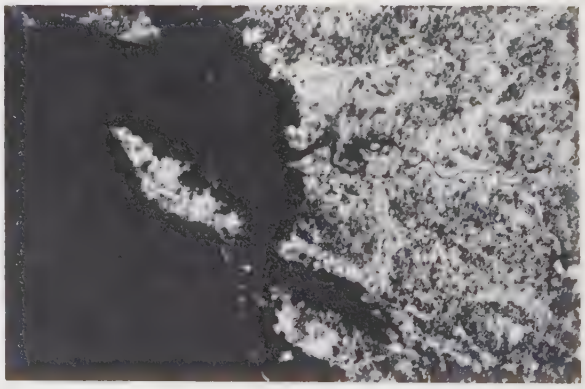


Figure 229 : Images Landsat (NASA) (A.S.E. ; GDTA)

nence pour l'étude des paysages de l'est de la France ; A.F.H. GOETZ, M.J. ABRAMS, B.S. SIEGAL (1975) leur intérêt pour la cartographie géologique, alors que des comparaisons ont pu être menées sur les milieux littoraux (R. REGRAIN, 1973 c ; B. HAYDEN, R.DOLAN 1975, pp. 134-138). On rappellera donc brièvement les propriétés caractéristiques de chaque canal, en insistant sur leur pertinence sur le littoral charentais.

Le canal 4 (500 à 600 nm) montre bien les différentes masses d'eaux, leurs teneurs en suspension dont la séparation avec la nature du fond est délicate, les brumes légères qui accompagnent les veines d'eaux plus chaudes ; les estrans de vases mais surtout de sables, les centres des villes, les forêts de feuillus y sont facilement identifiables. Sur le littoral charentais, c'est le canal 4 qui présente l'image la plus étendue et la plus détaillée des troubles en suspension dans l'eau, des plages sableuses, des agglomérations, des grands chantiers. Les masses forestières, aussi bien les chênaies sur les plateaux calcaires que les pinèdes des dunes littorales s'y identifient facilement, ainsi que les régions cultivées. Selon C. CAZABAT (1973, p. 716), ce canal «apporte une information extrêmement précieuse qu'aucune émulsion photographique ne donne» : il correspond en effet à une partie du spectre où la sensibilité des émulsions panchromatiques est assez faible *(supra, figure 96)*.

Le canal 5 est sensible aux radiations orangées, entre 600 et 700 nm. Dans ce canal on observe surtout les panaches d'eaux troubles en mer * , l'estran et la végétation, comme dans le canal 4 dont les images sont voisines ; mais le canal 5 montre encore mieux les teneurs en suspension sans que la brume atmosphérique vienne perturber sensiblement les valeurs de réflectance : on peut ainsi voir l'étendue des masses d'eaux turbides en transit, et détailler des aspects de paysages sur les estrans (P. DEMATHIEU, F. VERGER, 1973 a). Mais le canal 5 est surtout utile pour les paysages continentaux où l'occupation du sol est particulièrement facile à déchiffrer : forêts, landes, prés, labours . Les zones humides se distinguent au travers de leur tapis végétal et divers procédés de traitement des données permettent de pousser l'analyse.

Les canaux 6 et 7 sont sensibles au rouge et à l'infrarouge et leurs images sont assez voisines. Les radiations infrarouge n'ayant qu'une infime pénétration dans l'eau, le canal 7 indique très précisément la limite de la nappe d'eau au moment même de l'enregistrement : il est très précieux pour l'étude des estrans. Le canal 6 donne des informations concernant les limites précises des formations végétales (J. TRICART, 1975, p. 133), comme les canaux 4 et 5, mais permet de distinguer conifères et feuillus ; cependant les images Landsat 1 du canal 6 dans les Marais Charentais ont pâti d'un dérèglement des capteurs, entraînant un lignage parasite. C'est une des raisons pour lesquelles on a surtout utilisé le canal 7, très sensible à la végétation et à l'hydrologie de surface : sur de telles images les différents paysages des marais peuvent être classés en fonction de l'importance des surfaces en eau (marais de Seudre), différents faciès de marais distingués selon la réflectance du tapis végétal : tonalités différentes au nord et au sud du marais de Rochefort en novembre 1975, etc...

b) Nécessité de l'étude multispectrale

En réalité, plus que d'une lecture monospectrale des images, c'est la comparaison d'images enregistrées dans différents canaux qui permet d'identifier la plupart des phénomènes. L'analyse multi-canaux ou plutôt multispectrale aboutit non seulement à mieux identifier des phénomènes, mais encore à tester la pertinence de chacun des canaux.

Deux groupes de canaux peuvent être distingués, dont les images sont assez voisines : les canaux 4 et 5 d'une part, 6 et 7 d'autre part ; le premier groupe étant davantage utile pour l'étude des suspensions dans les eaux littorales (V. KLEMAS & *alii,* 1973), le second groupe pour l'étude des paysages terrestres. Mais l'expérience montre que les résultats sont meilleurs en combinant les images de ces deux groupes, surtout dans une région littorale où se rencontrent l'un et l'autre type de paysages. Par suite de défaillances du système d'enregistrement du canal 6, les combinaisons les plus fréquentes associent donc le canal 7 avec le canal 4 ou le canal 5 si l'on se borne à une association de deux canaux. Ces associations peuvent être réalisées de façon visuelle : la *figure 230* montre les différents paysages des marais de Brouage et de la Seudre tels qu'ils apparaissent sur les images des canaux 6 et 5 le 18 août 1976. On peut aussi réaliser ces comparaisons en utilisant des procédés photographiques, comme les images composées en couleurs de la NASA, ou des procédés numériques (cf. infra).

Cependant, les phénomènes identifiés de cette façon ne correspondent pas toujours systématiquement aux paysages au sol, on peut tenter de définir le canal susceptible d'identifier le phénomène qui fait l'objet de la recherche : pour M.C. OLSON (in A. FONTANEL et M. CARBONNELL, 1976, p. 15) le canal 450 - 520 nm identifierait les fonds jusqu'à - 20 m et la chlorophylle en suspension, le canal 520 - 590 nm les sédiments et les courants... ce que fait aussi le canal 600 - 680 nm, alors que les turbidités seraient enregistrées entre 720 et 800 nm. De tels capteurs, très utiles pour la cartographie thématique, seraient sans doute peu pertinents pour l'étude globale et continue des paysages qui est le but de la Géographie.

3 - Les conditions marines des enregistrements Landsat

Sur le littoral charentais comme sur les côtes de France, la marée semi-diurne est notablement plus importante que la marée diurne. Il en résulte qu'on observe à peu près tous les jours deux pleines mers, à l'exception de deux jours par mois lunaire (Annuaire des Marées). Ce rythme étant différent de celui des passages des satellites Landsat (18 jours), différentes phases de marée peuvent être enregistrées ; la connaissance de la marée, fondamentale pour l'étude des estrans est utile aussi pour l'étude des marais, car l'ouverture des portes à la mer et l'écoulement des eaux du marais ne peut se faire qu'aux moments où le niveau de la mer est inférieur à celui des eaux contenues dans les fossés de drainage : l'écoulement gravitaire est le plus répandu en Charente Maritime.

a) Les niveaux de marée

Il est donc nécessaire de déterminer par le calcul les hauteurs de la mer à l'instant prévu du passage des satellites. Ces déterminations ont été réalisées à partir des données du Service Hydrographique et Océanographique de la Marine, et sont résumées sur le *tableau 56,* établi pour La Rochelle. On observera que ces hauteurs

* La pénétration dans l'eau des radiations orangées est de l'ordre de quelques mètres.

Figure 230

Images Landsat du 18 août 1976 (images NASA GDTA)

de marée sont inégalement réparties, un tiers (6/17) se situant entre 4,15 et 4,35 m CM avec deux enregistrements, le 4 juin 1975 et le 18 août 1976 où la marée atteint 4,25 m ; aucun enregistrement de pleine mer n'apparaît, mais le 19 décembre 1975 Landsat est passé 10 mn seulement après la basse mer. Dans tous les cas, les portes à la mer ont pu être ouvertes, le niveau de la marée étant inférieur d'au moins un mètre (sauf le 4 juin 1975) à l'altitude la plus courante dans les marais (cf. *figure 167).*

Cette période 1973 - 1976 étant par ailleurs caractérisée par un déficit pluviométrique, les images Landsat ne présentent pas d'inondations dans les marais à herbages : c'est donc à travers la végétation qu'il faudra inférer les autres paramètres physiques du milieu géographique des Marais Charentais.

Date	Cœfficient	Phase	Hauteur CM	O NGF = 3,69m CM
01.11.72	58	PM - 2.48	4,35	0,66
04.06.73	91	BM - 1.27	5,00	1,31
11.07.73	46	BM - 2.56	3,45	−0,24
04.06.75	45	PM - 1.33	4,25	0,56
01.07.75	50	PM+2.22	4,15	0,46
28.07.75	72	PM - 2.39	4,20	0,51
20.09.75	83	BM+0.44	1,40	−2,29
04.11.75	108	BM+0.25	0,55	−3,14
22.11.75	80	PM - 1.29	1,70	−1,99
19.12.75	84	BM+0.10	1,15	−2,54
15.01.76	65	BM+1.54	2,50	−1,19
09.03.76	40	PM+0.41	4,30	0,61
02.05.76	79	PM - 1.10	4,95	1,26
07.06.76	62	BM - 1.22	4,70	1,01
25.06.76	61	BM+2.07	2,35	−1,34
18.08.76	42	PM+1.57	4,25	0,56
25.11.76	90	BM - 1.57	2,00	−1,69
04.08.77	80	BM - 2.50		

Tableau 56 :

Phases de la marée et niveaux de la mer aux heures prévues pour les enregistrements Landsat au-dessus de La Rochelle (Charente-Maritime) *

(PM - 2,48 : 2 h 48 mn avant la Pleine Mer)

b) Les courants de marée

Bien que l'essentiel de notre propos concerne les terres émergées, on ne peut tout à fait se désintéresser des courants marins, dans la mesure où leur dynamique influe comme nous l'avons vu (p.115) sur le tracé littoral et l'existence même des marais d'une part et que d'autre part les images Landsat constituent une source inépuisable d'observations exclusives. A partir des données du Service Hydrographique, l'équipe FRALIT a mis au point un système de représentation synoptique des hauteurs de la marée et des courants lors des passages de Landsat (FRALIT, 1977, pp. 186 - 203) : la *figure 232* rassemble les diagrammes correspondant aux situations du 11 juillet 1973 et du 19 décembre 1975.

La comparaison du diagramme de décembre 1975 et de l'image du canal 5 *(figure 231)* permet d'observer que l'existence d'un panache de troubles en suspension à l'ouest de Maumusson est liée génétiquement aux eaux troubles de la baie de Marennes, et que des eaux moins chargées, venues du sud ont tendance à le repousser vers la côte oléronaise où le flot le plaquera (image du même «canal» en juillet 1973 ; une partie de la Mer des Pertuis se vide donc par le Pertuis d'Antioche. Par ailleurs, les rares veines d'eaux transparentes au Nord des Saumonards montrent un mouvement bien plus ample que ne le suggèrent les flèches représentant les courants ; les eaux de la Charente, à ce moment de la marée, passent près de Fouras et de l'île d'Aix. La même image montre aussi deux faits surprenants concernant la baie d'Yves et le coureau de La Pallice, entre l'île de Ré et le continent. Les eaux de la baie d'Yves sont peu chargées, presque claires (absorbant beaucoup l'orangé et le rouge) et suggèrent que l'alimentation en vases de ce secteur est peu importante. Le Coureau de La Pallice apparaît donc comme un exutoire des eaux chargées de sédiments en provenance de la baie de l'Aiguillon, alors même que les courants commencent à porter vers le nord en baie de La Rochelle. Les troubles issus du Pertuis Breton peuvent donc passer dans le pertuis d'Antioche, et au bout de plusieurs marées contribuer à alimenter les wadden charentais : l'image Landsat montre donc une origine possible de l'homogénéité du stock sédimentaire des dépôts fins dans les marais du centre-ouest de la

* Par suite de variations des paramètres des orbites au cours de la vie d'un satellite, les heures effectives de passage sont différentes des heures prévues. Ces changements d'horaire font que les heures de passage et les hauteurs de la marée à La Rochelle étaient par exemple : le 1er juillet 1975 à 10 h01 et 4,15 m CM - le 22 novembre 1975 à 9h53 et 1,90 m CM - le 19 décembre 1975 à 10h11 et 1,10 m CM - le 9 mars 1976 à 9h46 et 4,40 m CM - le 18 août 1976 à 9h42 et 4,45 m CM. (FRALIT, 1979, p. 24).

bande spectrale 5

Figure 231 :

Image Landsat des marais de Brouage et de la Seudre, le 19 décembre 1975 (image NASA)

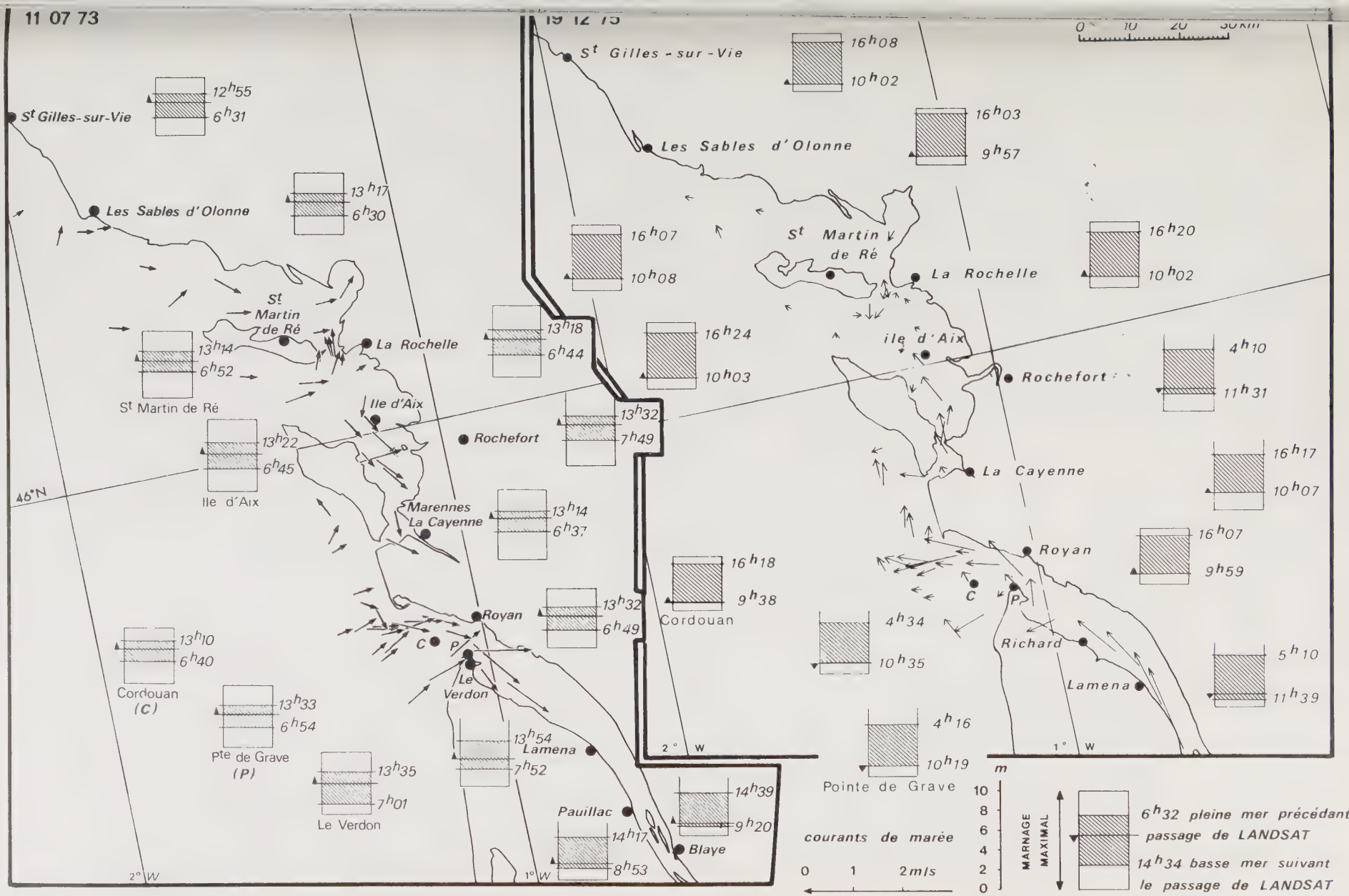


Figure 232 :

Situations hydrodynamiques marines les 11 juillet 1973 et 19 décembre 1975
(extrait de Equipe FRALIT, 1977, p. 198 et p. 200)

France, homogénéité mise en évidence en particulier par l'étude des minéraux argileux (F. VERGER, 1968 ; R. NIJS 1974 ; M. POULIQUEN, 1975 ; ci-dessus p. 293).

L'étude des images Landsat du littoral charentais, telles qu'elles sont fournies par la NASA ou Telespazio permet donc de faire un certain nombre d'observations concernant l'intérêt et les limites de leur échelle, de leur caractère multispectral, ainsi que de quelques phénomènes qui ont pu y être identifiés.

L'échelle de ces restitutions est celle de la carte au millionième. Normalement, seuls les faits de structure devraient apparaître. La bonne résolution des images Landsat permet d'aller beaucoup plus loin dans le détail que ne le ferait une carte à la même échelle : les phénomènes repérés au millionième pourront donc être étudiés plus en détail après agrandissement.

L'apport essentiel de ces images est de replacer une région assez restreinte en étendue dans son cadre géographique : les solidarités spatiales mises en évidence lors de l'étude du trait de côte par exemple, se trouvent remarquablement mises en lumière, et des liaisons dont la mise en évidence n'était pas nécessaire à l'échelle des études des deux premières parties se trouvent davantage soulignées. Ce changement d'échelle était donc nécessaire et utile.

Le caractère multispectral des images permet de mettre progressivement en évidence des phénomènes : ainsi le canal 4 montre-t-il de vastes zones de forte réflectance en Mer des Pertuis, car les fonds proches interviennent dans la quantité d'énergie réfléchie ; dans le canal 5 des zones moins étendues, plus localisées et dont l'enveloppe correspond assez bien aux formes des diagrammes cumulatifs de vitesses et directions de courants peuvent être identifiées comme formées de matières en suspension, l'orangé pénétrant moins profondément dans l'eau ; lorsque dans le canal 6, le «cœur» de ces panaches apparaît comme une traînée grisâtre sur le noir homogène de l'océan, le doute n'est plus permis ; une étude plus fine, avec d'autres capteurs et des mesures simultanées permettrait sans doute d'identifier les composantes de ce panache dont l'image Landsat montre l'existence, les limites et, par sa répétitivité, l'évolution. De la même façon a-t-on pu analyser le paysage des marais de la Seudre en comparant leurs aspects sur les images des canaux 5 et 6 (figure 230, supra). D'autres phénomènes peuvent se révéler à l'observateur attentif, mais l'échelle du millionième est peut être mal adaptée, il est alors nécessaire de recourir soit à des agrandissements, soit à des traitements numériques.

Les images de satellite au millionième, même sur des régions de surface modeste révèlent des aspects mal connus du paysage. Comme cela était prévisible, ces découvertes sont plus nombreuses sur les régions inconnues parce que d'accès difficile (milieux marins en particulier) que sur les régions de vieille civilisation où les travaux scientifiques ont été nombreux et les études à la fois synthétiques et détaillées, fréquentes.

Pourtant, si la mise en évidence des panaches biosédimentaires dans les eaux littorales est particulièrement spectaculaire (R.L. MAIRS, 1970 ; V. KLEMAS & alii, 1973, 1974 ; P. DEMATHIEU, F VERGER, 1973 a, 1973 b ; H.G. GIERLOFF-EMDEN, 1976), les paysages des schorres (V. KLEMAS & alii, ibid. V.K. BUTERA, 1976) ainsi que ceux des marais maritimes se présentent sous un jour nouveau : opposition entre les parties internes et externes du marais de Brouage qui pourrait correspondre aux paysages de marais gâts et de marais plats, mais aussi à des différences dans le drainage, l'entretien des prairies, traits communs aux marais et à d'autres paysages continentaux, etc... ; bien des rapprochements suggérés pour l'observation de ces images ne peuvent être expliqués au millionième, un changement d'échelle est nécessaire.

Si l'échelle du millionième paraît insuffisante, c'est peut-être en raison de notre manque d'entraînement à considérer les phénomènes terrestres à cette échelle, et de l'opposition entre le paysage «abstrait» que représentent les cartes (Y. LACOSTE, 1977, p. 14) par rapport au paysage «concret» des images Landsat qui apparaissent «comme une carte de géographie vivante, avec des brumes... des frémissements d'eaux et de feuilles, des pluies et des rayons de soleil» (V. HUGO, 1845, p. 410). Mais la raison essentielle provient sans doute de ce qu'elles soulignent ce que la Géographie physique influencée par la Géologie a trop tendance à négliger : la physionomie du paysage est, d'abord, un certain paysage végétal, pas nécessairement dans le sens botanique ou phytosociologique du terme, mais un paysage végétal dont les grandes masses comme les unités plus menues ont utilisé une partie de l'énergie solaire et en restituent une certaine quantité ; les caractères de cette énergie restituée (émission et réflexion) pouvant intégrer l'influence du milieu naturel : c'est la thèse des phytoécologistes (G. LONG, 1974 et 1976). On doit cependant remarquer avec J. TRICART (1979) que la végétation ne constitue pas la seule clé d'interprétation de tous les paramètres du milieu naturel. Si le tapis végétal apparaît bien sur les images Landsat, cela souligne, comme en photo-interprétation classique, que l'interprétation géographique voire géomorphologique des clichés est seconde et doit faire appel à toute une série de paramètres extérieurs. La vigueur et la nature de la végétation, appréciables sur les canaux 5 et 7 par exemple, dépendent aussi bien du climat et de la situation du peuplement, sans parler des phénomènes cycliques qui lui sont propres, que de la nature du terrain. C'est pourquoi l'interprétation multispectrale des images de satellite reste un exercice périlleux par la nécessité - vitale - de disposer d'une masse importante de connaissances et de documents annexes, de possibilités d'observations et de mesures sur le terrain (J.I.S. ZONNEVELD, 1960, p 297) qui ne peuvent être le fait que d'équipes nombreuses et bien équipées, même sur des régions peu étendues.

III. TELEDETECTION DES MARAIS CHARENTAIS

2. Les traitements photographiques

III - LES TRAITEMENTS D'IMAGES

Les traitements photographiques d'images de satellite ont la réputation d'être particulièrement simples, rapides et bon marché , «lorsqu'on dispose d'un laboratoire de photographie, même incomplètement équipé, tout devient relativement facile, **sous condition formelle de faire, soi-même, toutes les opérations** *et non de les donner à d'autres» (J. POUQUET, 1976, p. 9). Nous les avons peu pratiquées sur la Charente-Maritime, des essais en Picardie (C. CAZABAT, R. REGRAIN, 1975 ; R. REGRAIN, F. VERGER, 1976) ayant montré rapidement les limites de ces techniques, alors même que l'équipe Fralit développait les possibilités des traitements numériques et cartographiques. Quelques essais réalisés permettent cependant de présenter un bilan critique, avec références à d'autres travaux.*

*Les traitements photographiques ont pour but de faire mieux apparaître un phénomène particulier qui justifie la recherche et d'en effectuer ainsi une cartographie. La mise en évidence de plages d'équidensités photographiques correspondant à ce phénomène (recherche de textures) ou de structures particulières constitue le but à atteindre avant de réaliser une véritable cartographie thématique (figure 233 a). Toute une série d'opérations photographiques peuvent s'intercaler entre l'image originelle et le croquis d'interprétation final : agrandissement, amélioration des contrastes, sélection d'équidensités et combinaison de ces différents documents que l'on désignera du terme générique de mixages * (figure 233 b).*

Pour la commodité de l'exposé, on distinguera les traitements exclusivement photographiques, techniques effectivement à la portée de tous, des techniques faisant appel à un traitement par caméra de télévision, appelés traitements vidéo (figure 233 c).

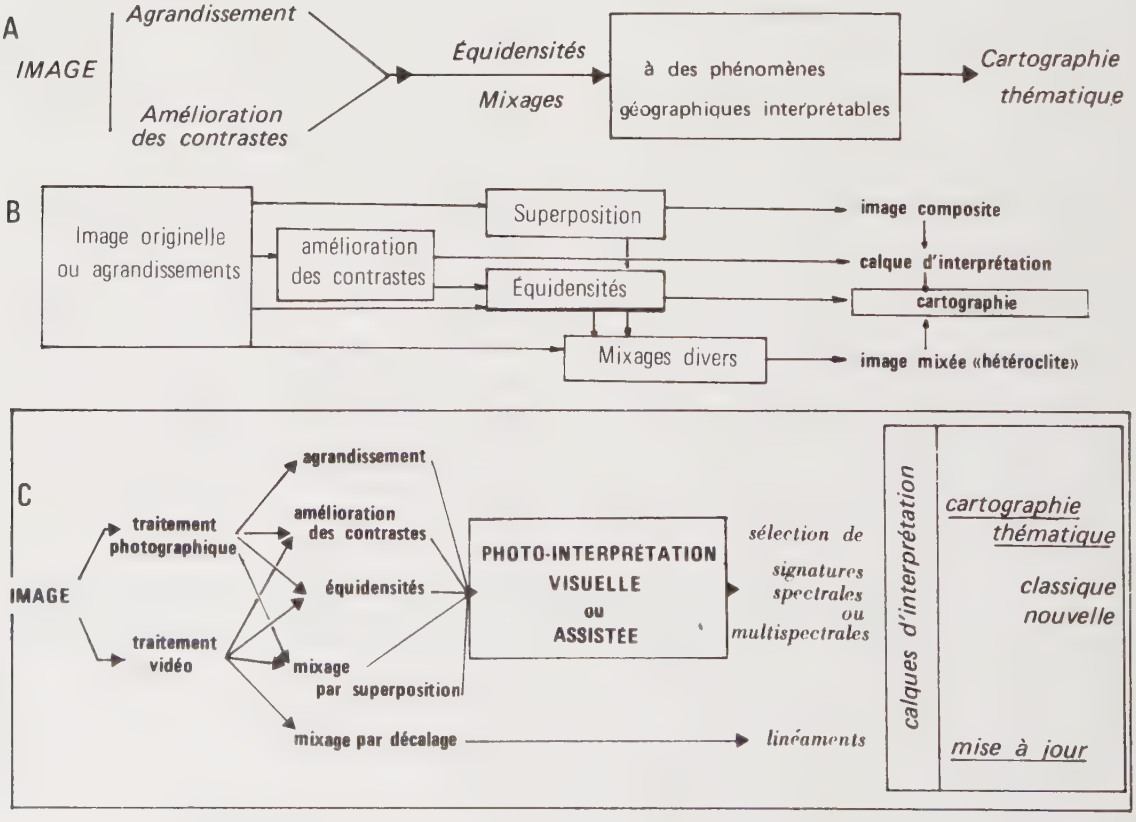


Figure 233 :
Schéma des traitements photographiques

* Terme proposé par J. POUQUET (1976, p. 9).

1 - LES TRAITEMENTS EXCLUSIVEMENT PHOTOGRAPHIQUES

Les traitements photographiques peuvent concerner une image particulière, ils aboutissent à un document en noir et blanc, ou mieux, profiter du caractère multispectral des enregistrements pour aboutir à un document coloré.

a) Les traitements en noir et blanc

Trois traitements principaux peuvent être distingués : agrandissements, renforcement de contrastes, équidensités.

- agrandissements

La dimension modeste de la région étudiée, ne couvrant guère que la surface d'un timbre poste sur les images Landsat, le premier traitement photographique nécessaire était l'agrandissement. Parfois on peut se contenter de l'échelle originelle (V.M. ROSSELLO, 1976, p. 21). Habituellement, des agrandissements à 1.500 000 sont employés pour des études générales (C. CAZABAT, 1976, p. 21), à 1/250 000 ou à 1/200 000 pour des études à caractère régional (Y. SCANVIC in P. LAMBERT, 1977). J. CHOROWICZ et S. PAUL (1974, p. 491) distinguent une échelle minimale, le 1/500 000 et une «échelle caractéristique optimale... de l'ordre de 1/300 000» pour observer les grands linéaments de la Provence occidentale. G. CLAUZON, R. COURTOT, J.M. RIBOT (1976,

Figure 233 bis :

Agrandissement à 1/100 000 de l'image Landsat de la région de Marennes, le 19 décembre 1975, dans l'orangé.
(cf figure 231 : agrandissement à 1/250 000)

p. 35) recommandent le 1/200 000, échelle qui est celle de la Carte de la Végétation. Des essais réalisés en Picardie et sur les Marais Charentais ont montré que des agrandissements au 1/100 000 pouvaient être effectués, dans les conditions suivantes :

- utiliser le positif NASA, et se limiter au négatif papier obtenu
- image à fort contraste, dans une région elle-même bien contrastée (littoral avec forêt de conifères et de feuillus sur le canal 7 par exemple)
- optique d'excellente qualité, produits photographiques frais, support de type «Kodatone».

La figure 233 bis montre un agrandissement à 1/100 000 de la région de Marennes, dans l'orangé, le 19 décembre 1975.

- Amélioration des contrastes

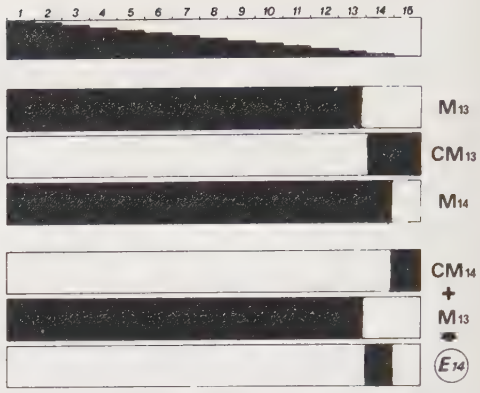
La qualité médiocre de bien des photographies ou même des images obtenues à partir des données de satellites a entraîné le développement de toute une série de techniques d'amélioration d'images, depuis le filtrage sélectif des nuances de gris (J.P. POLEY, 1965) jusqu'à la mise au point de techniques spécialisées pour tenter de révéler des contrastes intéressant un thème très particulier (P. KOWALISKI, 1972 a ; V.K. ALGAZI, 1973 ; J.C. RIVEREAU, A. FONTANEL, 1976 ; L. CAIRO, Y. VUILLAUME, 1977). Il s'agit d'un ensemble de techniques, utilisant des émulsions et bains photographiques spéciaux, ou des procédés électroniques, susceptibles de procéder à un étalement non linéaire de la dynamique du signal enregistré sur le document original (bande magnétique ou photographie), de manière à adapter la représentation finale (photographie ou image) à la dynamique du film photographique utilisé, mais aussi aux possibilités de la vision humaine.

Il s'agit d'une technique usuelle en photographie, mais dont l'intérêt se trouve encore augmenté par le dialogue entre un photographe bien équipé et un chercheur ayant une bonne connaissance du terrain* . Bien que les émulsions de type Kodatone facilitent le travail, il reste que doser le temps de pose, l'intensité de l'éclairage et le temps de traitement dans le révélateur photographique de façon à ce qu'apparaissent sur l'épreuve obtenue des phénomènes à peine discernables sur l'épreuve originelle n'est possible que si on possède, à priori, une bonne connaissance des paysages concernés.

Cette méthode constitue donc une aide utile à l'interprétation car elle permet de réaliser plus rapidement des calques d'interprétation ; mais elle suppose la convergence de conditions (photographiques et propres à l'objet de la recherche) qui ne sont que rarement réalisées. C'est sans doute la raison pour laquelle elle est rarement employée seule.

- les équidensités

Parmi les nombreuses techniques photographiques pour obtenir des équidensités (C. CAZABAT, P. NONY, 1971 ; E. RANZ, S. SCHNEIDER, 1971, etc...), on a utilisé le système masques et contremasques dont la



Le niveau de gris E 14 a été isolé par assemblage du masque M 13 et du contremasque CM 14.

Figure 234 :

Principe des équidensités

figure 234 rappelle le principe. Des émulsions à fort contraste, type Kodalith ou Agfacontour sont conçues de telle façon qu'au bout du temps t, il n'y a sur le support, film ou papier que du noir franc et du blanc. En changeant le temps de pose, on fait varier du même coup l'étendue des plages en noir et donc la densité du masque obtenu ; on appelle contremasque le négatif de chaque masque. En associant par exemple le masque réalisé au temps t et le contremasque correspondant au temps $t + \Delta t$, on obtient une plage d'équidensité photographique (appelée parfois équiplage ou isodensité).

Il peut advenir que cette équidensité identifie un paysage particulier ; ainsi à partir de l'image infrarouge du 19 décembre 1975, peut-on isoler la plus grande partie du marais de Brouage, mais sans pouvoir distinguer le marais lui-même de certains bois des plateaux saintongeais. D'autres essais, à partir du canal 7, ont montré qu'il était possible d'isoler les zones de tourbières : les vallées de la Boutonne, voire de la Gère, de la Devise, de l'Arnout, peuvent être individualisées.

La technique des équidensités photographiques, réalisées à partir d'un document film brut, s'apparente ainsi à un pré-traitement de l'information. Elle est susceptible de montrer rapidement l'extension spatiale d'un phénomène, connu ou non, pour lequel les réponses spectrales sont suffisamment homogènes sur l'étendue d'une image.

Si une équidensité désigne un élément de paysage, sa cartographie est donc assurée. En réalité, les conditions propres à la scène enregistrée et, aux modes de prétraitement photographique, etc... font que les paysages qui répondent à cette définition sont assez rares dans les marais maritimes. On doit alors procéder à des assemblages d'équidensités provenant de bandes spectrales différentes.

- Les mixages d'images par superposition

J.M. RIBOT (R. COURTOT et J.M. RIBOT, 1976, p. 82) a décrit un procédé simple d'exploitation photographique des images Landsat. «Notre système revient à superposer très exactement deux images de la même scène prise dans des bandes spectrales différentes, après les avoir agrandies sur un support photographique transparent (émulsion Kodalith par exemple), aux environs de 1/200 000 ; ... une sélection

* L'idéal étant bien sûr que la même personne puisse faire l'un et l'autre.

** Mais non sans exemple.

spectrale est obtenue, qui peut être superposée à son tour à un autre mixage obtenu par une combinaison différente». Les possibilités d'association sont donc théoriquement infinies et «c'est au spécialiste du terrain étudié à signaler, suivant ses préoccupations, la combinaison la plus remarquable».

L'ensemble de ces techniques de traitement par images noir et blanc apparaît ainsi particulièrement utile comme aide à l'interprétation pour faciliter une démarche de type photo-interprétation : agrandissement et amélioration des contrastes n'ont d'ailleurs guère d'autres ambitions et sont le plus souvent associés. Avec les équidensités, d'autres perspectives s'ouvrent au moins pour certains ensembles de paysages, car elles permettent de réaliser de véritables cartes. A une période où les équidensités paraissaient devoir conduire directement à une cartographie thématique, C. CAZABAT écrivait (1973, p. 715) «un seul document photographique découpé en dix densités différentes dont chacune pourra être transposée suivant dix couleurs différentes permettra de réaliser 10 milliards de cartes différentes. Si parmi toutes les possibilités, le photo-interprétateur ne trouve pas la solution d'une CARTE THÉMATIQUE, c'est qu'il manque pour le moins d'imagination». L'appel à la couleur est alors indispensable.

b) Les traitements photographiques en couleurs

Les traitements colorés d'images Landsat sont le plus souvent effectués sur des images aux contrastes préalablement renforcés : les diverses publications des Symposia annuels de la NASA concernant ERTS puis Landsat montrent de nombreuses images Landsat «en couleurs». Ces compositions colorées proviennent soit directement du laboratoire photographique, soit de traitements plus «lourds» nécessitant l'utilisation d'un écran de visualisation (télévision couleurs).

- Les équidensités colorées

Les équidensités colorées forment un premier ensemble. La manipulation en est très simplifiée par rapport aux équidensités noir et blanc, si on utilise le procédé Color Key de 3 M. D'une façon générale, chaque plage d'équidensité peut être transcrite en une teinte au choix. Ce procédé permet d'utiliser avec bonheur le caractère multispectral des images de télédétection.

- Les mixages colorés

D'autres documents sont obtenus par superposition des informations issues de canaux différents, ce sont les **mixages colorés** (J. POUQUET, 1976, p. 9). La NASA peut fournir des films transparents «en couleurs composites» obtenues par superposition de l'image du canal 4 en bleu, l'image du canal 5 en vert et l'image du canal 6 (ou du canal 7) en rouge ; nous n'avons pas disposé de tels documents sur les Marais Charentais.

Il est souvent plus utile pour identifier tel ou tel phénomène, de réaliser des mixages colorés «personnels». Plusieurs types de procédés sont couramment utilisés :

Superposition d'images, aux contrastes améliorés ou non, traitées en 1, 2, 3 couleurs ; la recherche du meilleur assemblage de teintes est plus rapide en utilisant une visionneuse multibandes : trois appareils projettent sur le même écran trois images que l'on peut colorer avec des filtres.

. assemblages négatifs - positifs d'images complètes par voie photographique comme l'indique J.M. RIBOT (1976, cf supra).

Ces images, provenant d'assemblages divers de parties différentes d'images originelles pourraient être qualifiées d'hétéroclites si le terme n'était quelque peu péjoratif ; elles sont établies le plus souvent à partir d'images aux contrastes renforcés. Pour isoler la mer du continent, on réalise par exemple un contremasque dans le canal 7 ; ce contremasque est associé à l'image d'un autre canal traité en positif ou en négatif et coloré au choix, etc...

La plupart des publications utilisant les images de satellites Landsat en couleurs sont réalisées de cette façon, afin de bien mettre en évidence le phénomène recherché : eaux littorales à partir du canal 4, limites du marais par association des canaux 5 et 6 (contrastes améliorés) par exemple pour un essai de «combinaison de fausses couleurs par impression» (Equipe FRALIT, 1977, p. 61), mais bien d'autres possibilités peuvent être utilisées (H. HEUSELER, 1976, etc...).

Ainsi la *figure 235* représente le littoral du Centre Ouest enregistré le 11 juillet 1973 dans les bandes spectrales du vert - jaune, transcrit en jaune, de l'orangé transcrit en magenta et de l'infrarouge transcrit en cyan * .

L'utilisation du canal 5 pour la mer permet d'observer les panaches de troubles dans les eaux de la Mer des Pertuis ; l'accent peut aussi être mis sur les grandes masses paysagères du continent (R. REGRAIN, 1979) : pays de bocage en rouge tacheté de blanc, régions de champs ouverts en gris bleu, vallées tourbeuses en rouge franc, marais Breton (au nord-ouest) en rouge sombre, marais Poitevin et de Rochefort en rouge franc, rouge un peu sombre du marais de Brouage, bleu violacé des marais de la Seudre et d'Oléron.

Si les grandes unités de paysage sur le continent peuvent être identifiées au millionième, il est possible de procéder à une analyse plus détaillée des paysages de marais. L'un des premiers phénomènes observables est l'opposition des teintes entre les marais de Brouage et de Rochefort que l'on pourrait associer à la présence de marais gâts ; mais la partie du marais de Rochefort proche de la Charente présente des teintes voisines des teintes du marais de Brouage : c'est donc sans aucun doute l'humidité du milieu que traduit ce gris - bleu envahissant le rouge uni du marais.

Dans le marais de Brouage, une zone centrale, proche de Bellevue, paraît plus rouge (donc théoriquement moins humide) ; elle correspond à une zone de marais plats, où les surfaces en eau (fossés, bassins de marais gâts) sont moins fréquentes ; dans les conditions climatiques de l'été 1973 assez sec, la végétation est encore en pleine croissance. La monotonie du paysage des marais s'oppose à la variété des paysages de la presqu'île de Marennes ; çà et là cependant, des zones cultivées, près d'Hiers ou en direction de Moëze s'expriment par des taches rouges homogènes (rappelant les teintes des bois saintongeais).

*Image NASA ; mixage coloré réalisé par T. HUSBERG et J. GAUDIN au C.E.R.C.G. du C.N.R.S. (Paris) mis à notre disposition par M. VERGER et publié dans «Aunis Eco», no 29 grâce à l'obligeance de M. LETHIEC, que nous remercions.

La carte en couleurs est à prendre dans la pochette à la fin du volume.

Figure 235 :
Composition colorée (mixage) sur la région charentaise

Sur les rives de la Seudre, l'opposition entre les marais en eau qui s'expriment par une série de nuances de bleu (liées à la fréquence spatiale de l'eau dans le paysage), et les teintes rouges des zones cultivées des bordures est très nette. Mais le rouge des marais humides recouvre toutes les zones affectées à l'élevage bovin : la parenté des marais de la Seudre et de Brouage apparaît donc bien sur ce document. Des observations semblables pourraient être faites sur les marais d'Oléron et de Ré.

Dans le marais de Rochefort, la marqueterie des paysages des îles et des bordures permet de les différencier du marais, où les lignes d'arbres qui accompagnent le canal de Charras et la R.N. 11 se distinguent au moins des faciès humides du marais. Le phénomène essentiel que révèle ce mixage coloré est l'opposition entre une partie maritime, plus humide, entre Tonnay-Charente, Loiré les Marais et Yves d'une part, et une partie interne, où l'eau semble moins présente dans le paysage, en rouge plus franc. L'origine de cette opposition peut résider dans le ressuyage des horizons superficiels des sols du marais au fur et à mesure que s'établit le sécheresse de l'été, le déficit pluviométrique de juin 1973 ayant tout juste été compensé par les fortes pluies du 5 juillet ; cette opposition nord/sud est encore plus importante en 1976 (supra, *figure 230*).

Les wadden qui frangent à l'ouest les marais sont en partie découverts par la marée. On observera le tombolo de l'Ile Madame au sud de la Charente, et une série de levées sédimentaires parallèles à la côte devant le marais de Rochefort comme devant le littoral de Monportail. Plus au nord, la dissymétrie de la baie de l'Aiguillon, découpée par les chenaux au nord, d'aspect plus massif sur la rive charentaise est aussi très nette.

Bien d'autres observations peuvent être faites sur ce mixage coloré, réalisé à partir d'images aux contrastes renforcés ; par exemple, les linéaments qui prolongent la rive sud de la Seudre, qui encadrent le marais de Brouage se suivent très loin vers l'intérieur ; le parallélisme des bordures nord du marais Poitevin et du marais de Rochefort, l'alignement du cours de la Gère et de la Charente vers Lupin, etc... pourraient faire l'objet d'une étude détaillée. Par le caractère multispectral de ce mixage coloré, les paysages du marais peuvent mieux être définis à l'instant de leur enregistrement, et leurs caractères structurels comme fugitifs être mis en évidence, au même moment et sur une région étendue.

L'ensemble de ces procédés photographiques de traitement, dont on n'a donné ici qu'un aperçu sommaire, permet donc de faire apparaître bien des caractéristiques intéressantes des paysages, jusqu'à des échelles voisines du 200 000ème. Sur de nombreuses régions, les mixages dits «couleurs composées» provenant de la NASA (ou du G.D.T.A. en France) constituent les seuls documents d'étude facilement accessibles et utilisables par les photo-interprètes, une fois franchies les difficultés que pose l'échelle du document.

2 - LES TRAITEMENTS ASSISTÉS PAR L'ELECTRONIQUE

Plusieurs procédés ont été progressivement mis au point, en France ou dans d'autres pays ; ils consistent généralement à faire enregistrer une image par une caméra de télévision ; l'image ainsi obtenue est ensuite «modulée» sur écran cathodique, puis photographiée lorsque le réglage obtenu permet d'isoler l'unité de paysage qui fait l'objet de la recherche. On retiendra deux procédés, mis au point au Service Universitaire Audio-Visuel d'Aix-Marseille II et à la Station d'Etudes en Baie de Somme à Saint-Valery.

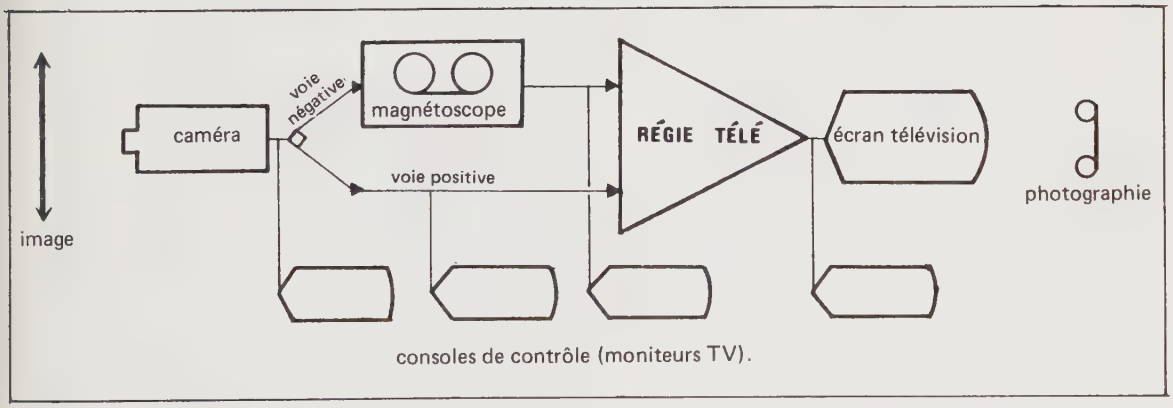


Figure 236 :

Schéma de traitement d'images
d'après RICCO et COURTOT, 1976

a) La méthode RICCO-COURTOT (G. RICCO, R. COURTOT, 1976).

- Principe

Le dispositif reproduit sur la *figure 236* permet, à partir d'une image enregistrée par une caméra vidéo, de stocker sur magnétoscope la version «négative» du signal vidéo. Ce signal (négatif) est ensuite superposé au signal vidéo «positif» provenant de la même caméra : un très léger décalage entre les deux images sur l'écran télévision de sortie fait apparaître une série de linéaments. A chaque étape, un écran de contrôle permet d'observer la qualité du message transmis. Par rotation de l'image devant la caméra tous les linéaments susceptibles d'apparaître sont successivement observés. On peut mixer 1 ou 2 canaux. Les images ainsi obtenues sont stockées sur film photographique. Agrandies à des échelles de l'ordre de 1/250 000, elles permettent d'établir des calques d'interprétation.

Figure 237 :

*Linéaments obtenus par la méthode RICCO - COURTOT **

- Résultats

La *figure 237* montre les linéaments obtenus à partir des images du 11 juillet 1973 dans les canaux 5 et 7, «mixées» de cette façon. On y observera que les directions dominantes sont grossièrement méridiennes et sud-est / nord-ouest, c'est-à-dire très schématiquement l'orientation de l'anticlinal de Saintonge et une orientation perpendiculaire à la structure de la Repentie. Les orientations sud-est / nord-ouest plus fréquentes en Saintonge et au Nord du marais de Muron se répartissent en deux familles : l'une orientée à N. 130° E très fréquente autour du marais de Brouage, et l'autre orientée N. 150° E (nord-ouest) qui s'affirme en direction de Muron ; ces deux directions correspondent à celles de l'anticlinal de Saintonge et de l'accident des Nouillers qui affecte la plaine d'Aunis.

*M. R. COURTOT et G. RICCO ont bien voulu nous initier à cette technique et nous aider pour les traitements ; qu'ils trouvent ici l'expression de nos remerciements.

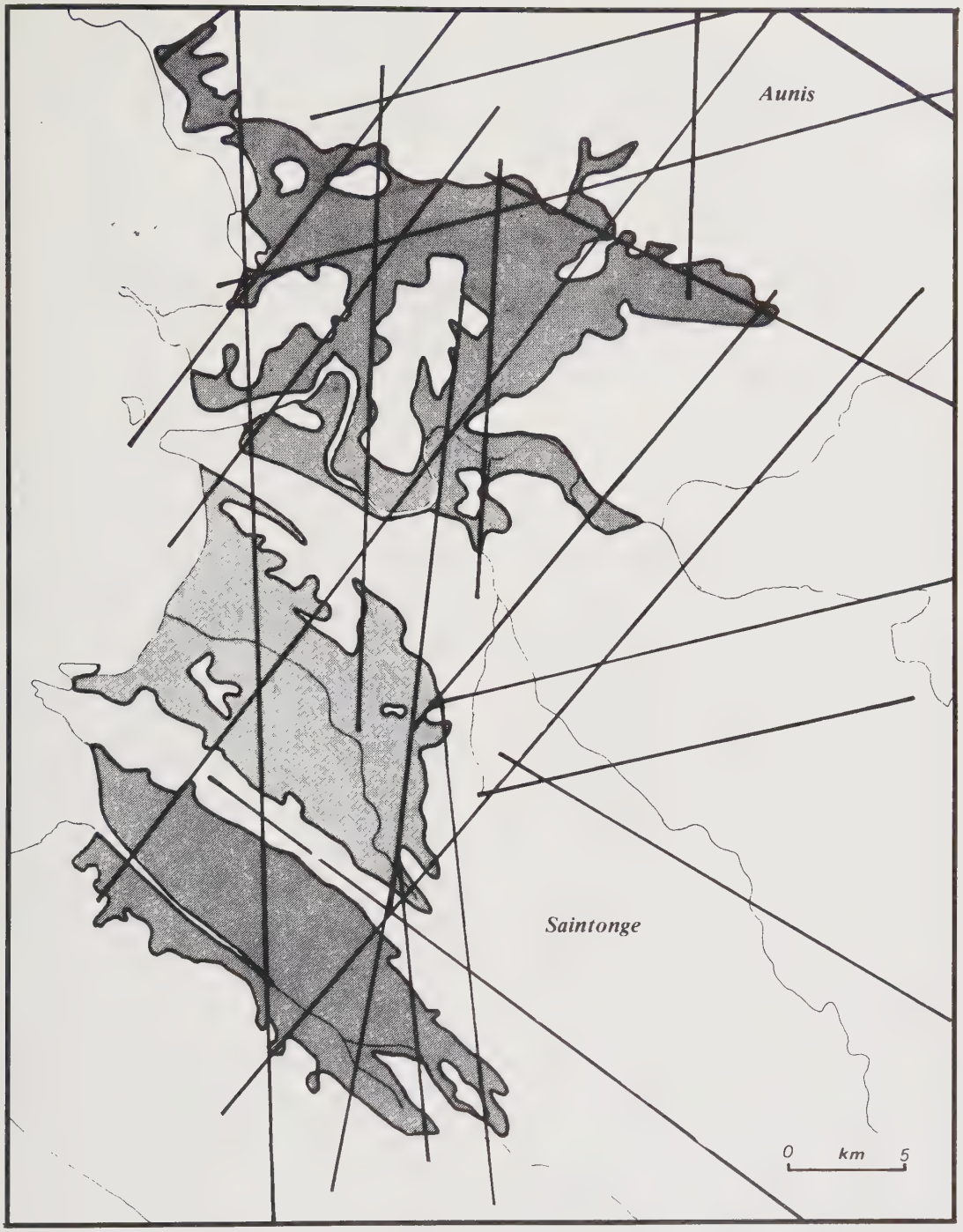


Figure 238 :

« Topologie ertsienne» en Aunis et Saintonge,
d'après CAZABAT, 1975

Les orientations subméridiennes, appartiennent à deux familles :sensiblement NS et N 20° E à N 30° E. Pour C. CAZABAT (1975, p. 26), la première caractérise principalement la moitié est et sud-est de la France, alors que la seconde affecte surtout «les formations anciennes primaires et précambriennes avec quelques dominantes locales dans les formations sédimentaires». En Charente Maritime, les sources thermales de Rochefort et de Saujon se situent aux points de rencontre de linéaments ayant ces orientations, tels que les cartes de C. CAZABAT - et la *figure 238*-permettent de les localiser : la profondeur et l'ancienneté de ces accidents trouvent ainsi un indice précieux.

- Pertinence

La recherche de linéaments par cette méthode est donc beaucoup plus riche que l'étude photogéologique présentée dans la première partie ; par contre on n'y retrouve pas nettement le phénomène de tectonique croisée que l'on croyait avoir saisi p. 34-40 ; ce phénomène est sans doute masqué par la multiplication des linéaments ou par l'effet d'échelle. Pour l'esquisse photogéologique, avaient été retenus tous les alignements de paysage dont la longueur était supérieure à 0,3 km (2 cm sur des clichés à 1/15 000) ; ici ne sont pris en compte que les alignements repérables sur au moins 5 km. Alors que l'échelle locale était seule prise en compte supra, l'échelle régionale, ou, au moins celle du «pays» *(figure 219)* situe d'emblée les phénomènes dans le cadre plus vaste du bâti structural enfoui sous des centaines de mètres de sédiments, mais dont les échos se «voient» à la surface du sol.

Le procédé mis au point par G. RICCO et R. COURTOT, permet de faire apparaître des alignements dont certains peuvent ici être associés à des faits structuraux alors qu'ils proviennent d'alignements d'éléments divers du paysage. Pour la majorité d'entre eux cependant, parmi lesquels les linéaments du marais, il paraît difficile de les associer à des phénomènes structuraux.

La mise en évidence de linéaments est obtenue par le décalage et la superposition du négatif et du positif d'une même image vidéo : on conçoit que suivant le sens dans lequel s'effectue ce décalage, les aspérités alignées mises en évidence soient différentes : c'est la raison pour laquelle la *figure 237* rassemble les linéaments enregistrés sur des photographies correspondant à des décalages nord-ouest / sud-est, ouest/est, sud-ouest/ nord-est ; le décalage nord / sud, faisant surtout apparaître le lignage de l'enregistrement a été abandonné. Dans certains cas, on a pu avoir intérêt à inverser les positifs et les négatifs pour obtenir une meilleure lisibilité de l'image finale.

La géométrie de la «console de visualisation» (écran télévision) influe aussi sur la lisibilité des linéaments : il faut éviter les interférences entre les lignes de balayage de l'écran et les linéaments à observer. Ces derniers seraient évidemment plus nets sur des écrans de toute première qualité, ce qui n'était pas le cas de l'installation disponible à Aix en 1977-78. Enfin, on a pu remarquer que les linéaments situés parallèlement aux diagonales de l'écran étaient plus nets. Il y a là une limite du procédé, dont on a profité en orientant systématiquement caméra et image de façon à ce que la restitution sur l'écran de télévision se fasse dans cette direction privilégiée : on était ainsi assuré d'enregistrer le maximum d'alignements, tout en étant conscient que certains peuvent être dus à cet artefact expérimental. Le fait que les directions principales mises en évidence par ce procédé recoupent les observations faites à 1/15 000, ainsi que celles de C. CAZABAT faites à 1/500 000 à partir des mêmes images Landsat mais par photo-interprétation «visuelle», suggèrent que pour une étude globale à petite échelle, ce procédé peut être retenu, au moins dans une phase préliminaire.

Une autre limite du procédé consiste dans le fait que chaque linéament est double, en ce sens qu'il apparaît comme une aspérité avec une base et un sommet : certains linéaments parallèles et rapprochés pouvant appartenir au même phénomène, on a choisi de ne pas tenir compte des linéaments dont l'intervalle était inférieur à 1 km. Enfin on a pu observer que les linéaments majeurs n'apparaissaient pas toujours sur un même couple d'images, mais étaient composés de segments issus d'assemblages positif / négatif orientés différemment.

R. COURTOT (1976, p. 80) signalait que les linéaments les plus visibles à l'ouest de Valence «ne sont pas toujours ceux qui ont retenu le plus l'attention des géologues (et vice versa)». Il en est de même ici, où la tectonique paraît bien plus riche que sur les cartes géologiques. Pourtant, on est surpris d'observer que les linéaments traversent des régions de marais en des secteurs où rien à la surface ne semble être en relation avec la tectonique profonde : ainsi, s'il a été facile d'éliminer les «linéaments» correspondant à la RN. 11 au nord de Rochefort et au canal de la Seudre à la Charente dans le marais de Brouage, on remarquera qu'un linéament relie la vallée de l'Arnoult à Flay, traversant des marais épais de 15 à 20 - 30 m... mais passant tout près de l'île de Ludène dont les formes géométriques sont si frappantes ; de la même façon le marais de Brouage central est-il parcouru de linéaments qui ne semblent pas correspondre à des alignements de bosses de marais salants telles qu'elles apparaissent sur la *figure 88*, p. 142 ni à des phénomènes sensibles pour l'observateur au sol autre que, peut-être ça et là, quelque aspérité dans la topographie des bordures.

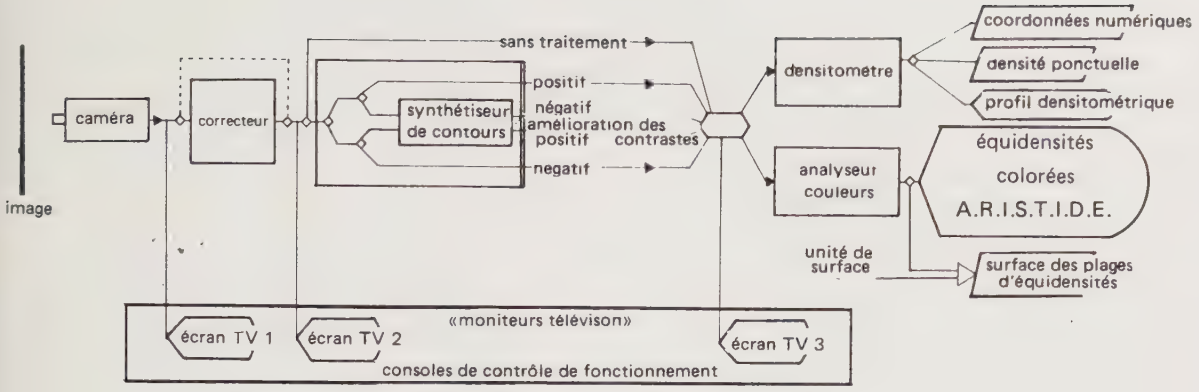
Ainsi, le procédé mis au point par G. RICCO et R. COURTOT permet-il d'obtenir rapidement une représentation des linéaments pouvant exister dans une région. Si leur contrôle dans les régions continentales paraît ne pas soulever trop de difficultés insurmontables (les îles de Breuil-Rochefort et surtout de Flay sont connues pour la complexité des faciès affleurants) leur présence dans certains marais est plus énigmatique, et on conçoit mal quel est le phénomène superficiel à l'origine de linéaments qui semblent être l'écho de structures profondes. Dans l'état actuel de nos connaissances, de tels alignements - que la photo-interprétation ne permet pas toujours de retrouver - doivent peut-être, être considérés comme des artefacts.

Ce procédé permet donc de mettre en évidence des linéaments dont l'interprétation n'est pas toujours dénuée d'équivoque : il constitue une aide à l'interprétation mais ne saurait devenir un procédé d'extraction automatique des failles par exemple : c'est d'ailleurs le cas de la plupart des procédés mettant en évidence des linéaments (C. GATEAU, M. PREVOSTEAU, J.Y. SCANVIC, G. WEECKSTEEN, 1976 ; F. VERGER, J.M. MONGET, J.Y. SCANVIC, 1976, etc...).

b) Les traitements électroniques d'images : Le procédé A.R.I.S.T.I.D.E.

Toute une série de sociétés de services ont mis au point des appareillages électroniques d'amélioration et de traitement des images. Deux générations d'appareils peuvent être distinguées, selon qu'elles font ou non appel à des ordinateurs pour améliorer à la demande la qualité des images originelles * .

* Ces appareillages ne doivent pas être confondus avec les systèmes de traitement des données dans lesquelles le traitement s'effectue à partir de bandes numériques ; la visualisation finale est obtenue sur écran vidéo dans les deux cas.



Chaque intervention de l'opérateur s'effectue aux étapes marquées ◇

Figure 239 :
A.R.I.S.T.I.D.E.
d'après J. RUDELLE, 1978 ; schéma simplifié

- Principe

La Station d'Etudes en Baie de Somme dispose depuis 1977 d'un appareil, appelé «A.R.I.S.T.I.D.E.*» dont le schéma de fonctionnement est rappelé sur la *figure 239.* Une caméra vidéo enregistre ligne par ligne les variations de gris d'une image ou photographie (film sur table lumineuse de préférence). Le signal vidéo est ensuite traité par une série d'équipements auxiliaires, correcteur, synthétiseur de contours, le rôle de ce dernier étant d'améliorer les contrastes de l'image originelle. L'image ainsi obtenue, visualisée sur un moniteur de contrôle, est traitée par un densitomètre et/ou en équidensités colorées ; en tout point choisi dont les coordonnées en x et y sont affichées, le niveau d'information présent *peut être chiffré.*

La restitution des résultats du traitement est obtenue sous formes de plages d'équidensités colorées : chacun des gris de l'image originale est traduit par une plage colorée (au choix de l'expérimentateur). On affecte la couleur blanche au gris le plus clair de l'image, la couleur noire au gris le plus foncé ; l'analyseur sépare ensuite les gris intermédiaires en 10 classes de couleurs conventionnelles, dont on peut faire varier à volonté l'amplitude, c'est-à-dire la «distance» entre les gris. La décomposition en équidensités colorées peut s'effectuer suivant une loi logarithmique (analyse par transmission) ou suivant une loi linéaire (analyse par réflexion).

L'image *figure 240* a été réalisée sur l'appareil «A.R.I.S.T.I.D.E.» par Y. DEMARCQ et J. RUDELLE que nous remercions. Elle montre le littoral de la pointe du Payré à la pointe de Grave. Les paysages sont transcrits en 10 couleurs d'après les données du canal 5 ; on a réservé pour le prisme littoral une large gamme colorée, en vue d'individualiser les régions de marais.

Le caractère «interactif» du procédé, c'est-à-dire la possibilité pour l'opérateur de choisir instantanément les bornes et l'étendue des plages colorées, le rend plus rapide et plus souple que les procédés photographiques classiques. Le problème principal réside dans le choix des valeurs de gris identifiant tel ou tel paysage connu au sol.

L'image présentée montre, à côté de l'Océan Atlantique apparaissant en noir, la Mer des Pertuis et le continent, limités par un tracé littoral que l'on devine au contact des couleurs jaune et brun d'une part, bleu et vert de l'autre. L'échelle du document original est voisine de 1/650 000.

Sur le continent, le Marais Poitevin s'individualise facilement au nord, en bleu, alors que les régions bocagères du nord-ouest apparaissent en jaune et en bistre, comme les plaines de l'Aunis et la Saintonge ; les massifs forestiers de Benon, de Chizé (au nord-est) ainsi que d'Oléron et de la Coubre apparaissent en rosé.

Dans leur écrin de plaines céréalières, les Marais Charentais se signalent par une végétation plus verdoyante (en bistre sur la photographie) ; on identifie facilement la forme trapézoïdale du marais de Brouage, séparé de la Seudre par la mince presqu'île de Marennes. Dans le marais de Rochefort dont la forme d'ensemble est moins nettement individualisée, les îles de la partie centrale apparaissent en jaune ; les liserés de marais «boisés» ainsi que les principales peupleraies des vallées tourbeuses de la Gère et de la Boutonne sont à l'origine des teintes bleutées.

Cette première tentative, effectuée lors d'un essai de l'appareil, montre donc la possibilité d'isoler les Marais Charentais de leur environnement - avec une certaine imprécision cependant - et de retrouver quelques géofaciès originaux comme les marais «boisés».

En Mer des Pertuis, la situation en marée montante *(figure 232)* permet de faire d'autres observations. Le tracé du littoral est particulièrement net près des estuaires, dans la baie de l'Aiguillon, à l'embouchure de la Charente et en Gironde, où les teintes bleues contrastent avec les jaunes du continent ou de l'estran sablo-vaseux non encore couvert par la marée. Les eaux de la Charente sont ainsi refoulées sur l'estran de Brouage, comme l'avait observé M. TESSON en 1973, alors que les eaux de la Seudre semblent cheminer le long de la plage de Marennes, en direction du wantij, situé à ce moment aux environs de la pointe du Chapus *(figure 32).* Si cette teinte bleue correspond bien à des eaux estuariennes, on peut s'interroger sur la présence d'une ligne continue

* A.R.I.S.T.I.D.E. : Appareil de Restitution d'Images Synthétiques Trichromatiques Instantanées par Densitométrie Electronique.

La carte en couleurs est à prendre dans la pochette à la fin du volume.

Figure 240 :

Traitement par «équidensités ARISTIDE» du littoral charentais le 11 juillet 1973
J. DEMARCQ ; R. REGRAIN ; J. RUDELLE

reliant la Gironde à Maumusson, et noter la coïncidence entre Ré et Oléron des «veines» bleutées du Pertuis d'Antioche et des anciens cours de la Charente sur son paléo-delta *(figure 35* p. 67).

Bien qu'il puisse s'agir d'un artefact dû au traitement, ou à une convergence de signatures spectrales, ces coïncidences sont troublantes.

- Les marais de la Seudre le 4 août 1977

L'image du 4 août 1977 a été préalablement traitée par le GDTA, qui a retenu les seuils de radiation 48 et 128. Sur cette image, les marais de la Seudre s'individualisent nettement dans le canal 6 : on y distingue les îles, les marais à herbages et les claires à huîtres, mais des nuances plus fines de gris dans les régions ostréicoles nécessitent une étude plus appronfondie.

La *figure 240 bis* a été obtenue* sur l'écran vidéo du système A.R.I.S.T.I.D.E. Au nord-est de la vallée de la Seudre (en noir ainsi que les régions couvertes d'eau) on observe les paysages suivants :

- en blanc, les zones couvertes d'eau avec des levées herbues étroites (zones de claires basses, en position frontale, gagnées sur les rives des chenaux de Pelard, de Recoulaine, de Luzac et de Marennes (de l'amont vers l'aval).

- en noir, les zones de marais gâts réoccupés par des claires, dites claires hautes ou claires de substitution. L'eau couvre une surface moins importante dans le paysage. Cette zone prolonge vers la presqu'île de Marennes les chenaux de marée identifiés ci-dessus.

- en gris les zones de marais plats, qui frangent la bordure de la presqu'île de Marennes, encadrent l'île d'Artouan, accompagnent la zone de hauts fonds entre Artouan et Nieulle sur Seudre, en prolongeant vers l'ouest l'île de Souhe.

- en noir, entourées par le gris précédent, les îles de Nieulle, Souhe et les bordures continentales de Marennes au nord et d'Arvert au sud.

Les limites d'unités de paysage ainsi mises en évidence (et plus lisibles sur écran vidéo couleurs, chacun des gris correspondant à une couleur différente) ont une précision acceptable pour une étude de reconnaissance à une échelle voisine de 1/200 000. Dans cet essai, le balayage du «spot» de l'écran interfère avec le lignage de l'image Landsat pour faire apparaître une texture pointilliste des paysages (ce phénomène est accentué par l'agrandissement et une définition médiocre de l'écran de visualisation).

- Pertinence

Une partie des opérations effectuées par «A.R.I.S.T.I.D.E.» peut être assistée par ordinateur. Il est en effet possible de piloter la correction d'images et la «synthèse des contours» selon différents programmes : le traitement numérique s'effectue en déterminant «la distribution de densité de tous les points de l'image par exploration lignée du genre de celle de la télévision ; la calculatrice les transforme d'abord suivant les données densitométriques et exécute ensuite le traitement correctif en modifiant le spectre de l'image», (P. KOWALISKI, 1972, p. 1029). c'est-à-dire en améliorant les contrastes, etc...

* en compagnie de J. RUDELLE que nous remercions.

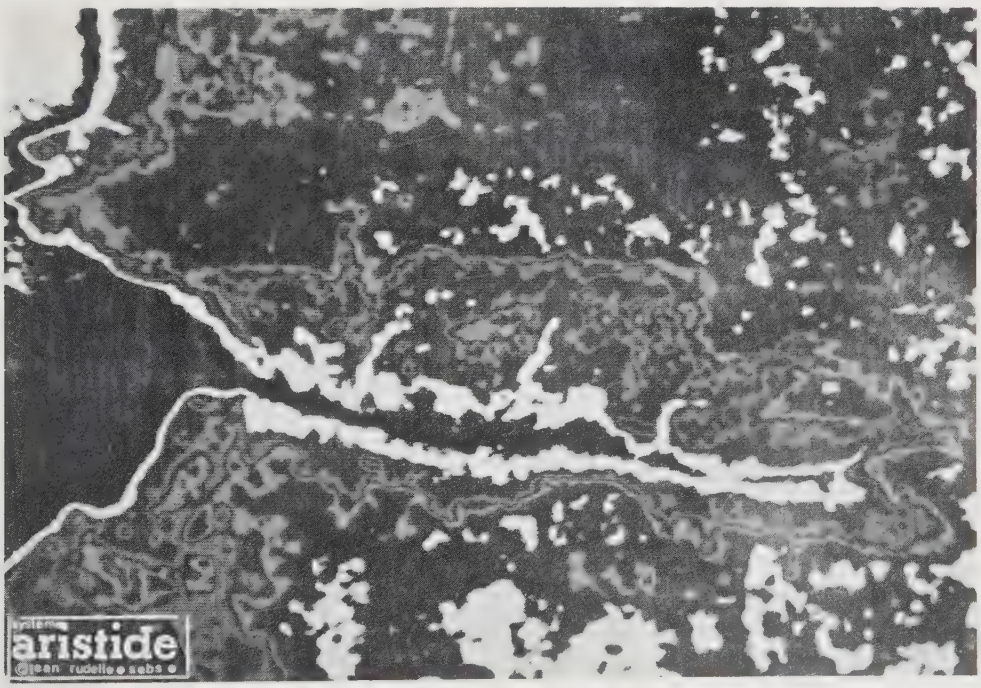


Figure 240 bis :
Les Marais de la Seudre le 4 août 1977

Les intérêts variés et les quelques limites de ces procédés apparaissent ainsi, à la fin de 1978 : souplesse, rapidité, élément essentiel du dialogue homme-machine, simplicité d'emploi et bon marché relatif de leur utilisation, mais aussi traitement d'images et non de bandes numériques, réalisation d'équidensités dont la pertinence est parfois discutée, facilité de diffusion sur support non imprimé.

Ces traitements «sophistiqués» présentent une plus grande souplesse, une plus grande rapidité de traitements que les procédés photographiques. La possibilité infinie et quasi instantanée du dialogue homme-machine peut conduire à mettre en évidence des rapports mal connus, comme en Mer des Pertuis. Leur limite principale semble résider dans la qualité du document photographique avant traitement : le traitement le plus sophistiqué ne fait qu'extraire et traiter l'information **existante**. Or, dans le cas qui nous occupe, les images Landsat ne sont que des **visualisations d'enregistrements numériques** ; l'établissement de ces visualisations se faisant avec perte d'information, l'utilisation directe des enregistrements numériques devrait pouvoir conduire à des résultats davantage indépendants des diverses transcriptions. C'est pourquoi une seconde génération d'appareils utilise non plus les images mais les bandes numériques comme document de départ. A l'autre extrémité de la chaîne de traitement, le document de sortie apparaît sur écran cathodique, imprimante électrostatique et/ou sur table traçante : de tels procédés ayant fait l'objet des travaux de l'équipe Fralit seront exposés en détail dans le prochain chapitre.

Dans sa configuration 1978, «A.R.I.S.T.I.D.E.» réalise des équidensités à partir d'une seule image : il en permet donc une exploitation rapide et se prête tout à fait à des études thématiques à petite échelle ; il autorise la mise en évidence rapide de scènes au sol dont la signature spectrale est relativement contrastée par rapport à l'environnement. Beaucoup de paysages ne peuvent cependant être correctement identifiés que par leurs **signatures multispectrales** instantanées (combinaison de valeurs dans des canaux différents issus du même enregistrement), voire diachroniques : A.R.I.S.T.I.D.E. permet de souligner ce problème et sera bientôt en mesure de le résoudre élégamment et rapidement.

D'autre part le traitement par équidensités suppose que l'apparence du phénomène que l'on cherche à identifier le caractérise, et lui seul ; or de nombreux essais (C. CAZABAT, P. NONY, 1972 ; Y. DEMARCQ et J. RUDELLE, 1977 ; R. REGRAIN, 1978 a) ont montré qu'une telle coïncidence était presque exceptionnelle.

Enfin, les conditions actuelles de diffusion des travaux de recherche par le «média froid» (Mc LUHAN, 1967) qu'est l'imprimerie rendent presque impossible la publication de photographies en quadrichromie. Leur transcription en noir et blanc n'est qu'un pis aller (Y. DEMARCQ, J. RUDELLE, 1977) et entraîne une perte de nuances, une perte d'informations et surtout une moins bonne lisibilité par rapport aux équidensités colorées. Ces mêmes conditions rendent difficile pour l'instant la réalisation de films comme celui de P. de ROUBAIX (1978), qui constituent pourtant le seul moyen efficace de transmission des informations obtenues par de tels procédés.

3 - LES TRAITEMENTS D'IMAGES, ESQUISSE D'UN BILAN

La grande diffusion des images Landsat et leurs traitements photographiques a pu laisser croire vers 1973 - 1975 qu'il s'agissait des méthodes les plus pertinentes pour traiter les informations recueillies à bord des satellites. Il y avait là sans doute un phénomène normal dû à la bonne qualité des images obtenues et à leur rapide diffusion auprès de nombreux utilisateurs, experts en photo-interprétation. Aujourd'hui, il est possible de dresser un bilan critique de l'utilisation de ces techniques photographiques, telles qu'elles ont pu être pratiquées sur les Marais Charentais, en Picardie, ou sur d'autres régions dont on a pu avoir connaissance par la bibliographie.

Les traitements photographiques paraissent très utiles pour deux objectifs : l'aide à l'interprétation et le repérage de linéaments ; ils souffrent cependant de n'être que des traitements qualitatifs (à l'exception des mesures densitométriques), et surtout d'être un procédé qui à chaque étape, affecte - péjore - la qualité de l'information traitée.

a) Les avantages des traitements d'images

Les traitements photographiques ont un remarquable pouvoir pédagogique : ce sont des «techniques à la portée de tous» (J. POUQUET, 1976, p. 3), qui jouent un grand rôle dans l'aide à la recherche, pour l'entraînement à localiser les phénomènes et, démarche indispensable, à comparer l'aspect «vu par Landsat» de l'apparence habituelle au sol, et à réaliser les calques d'interprétation. On est ainsi conduit à la recherche des signatures spectrales de chaque unité de paysage par la mise en œuvre de techniques photographiques de plus en plus sophistiquées : tous les auteurs insistent sur ce point, qui est en même temps une limite des techniques photographiques.

Ainsi, pour R. COURTOT (1976, p. 85), la méthode mise au point avec J.M. RIBOT doit servir à «ne rechercher que des objets ou ensembles ayant des réponses spectrales assez tranchées, pour ne pas compliquer outre mesure le schéma d'interprétation». D'une façon générale, lorsque l'utilisateur a une idée de la densité de gris par laquelle s'exprime le paysage qu'il étudie, équidensités, mixages, compositions colorées sont à sa disposition et permettent de réaliser le cas échéant un document démonstratif. Une cartographie thématique peut alors être réalisée rapidement et à moindres frais. Si par contre, l'objet de l'étude n'apparaît qu'après plusieurs types de traitements, en confrontant diverses images, l'utilisateur risque de se perdre dans la technique. On ne peut donc que partager l'opinion de C. CAZABAT (1973, p. 717) «une douce euphorie pourrait nous amener à conclure que grâce aux équidensités et à leur manipulation simple et rapide, nous abordons... le domaine... (de la) cartographie automatique... Cette méthode ne sera parfaite que le jour où nous connaîtrons véritablement l'objet de notre recherche et que nous serons maîtres des conditions d'enregistrement. Ce n'est pas pour demain».

Les traitements photographiques semblent aussi très utiles pour reconnaître les linéaments. Il s'agit là de l'une des premières applications des images Landsat, pour laquelle la bibliographie est pléthorique (J. GUILLEMOT, M. GUY, M. LOBJOIT, 1973 ; J. CHOROWICZ, S. PAUL, 1974 ; J.L.F. TRICART, 1976, entre autres) ; le calque des linéaments, établi par

photo-interprétation peut être secondé par une analyse en lumière cohérente du cliché traité par la méthode RICCO-COURTOT. On a vu que même sur les régions de plaine comme l'Alsace (J. TRICART, 1975 a, p. 152-153) ces traitements pouvaient mettre en évidence des linéaments que ni la photographie aérienne, ni la photo-interprétation d'agrandissements d'images Landsat (C. CAZABAT, 1975 a, pp. 21-36) ni, à fortiori, les cartes géologiques n'avaient permis de reconnaître.

La rapidité d'exécution et le (relativement) faible coût des documents obtenus est une autre qualité des traitements photographiques. En réalité, dès que des assemblages d'images sont nécessaires, ces avantages commencent à perdre de leur valeur ; lorsque le traitement électronique intervient, le coût peut devenir important.

b) Les insuffisances de ces procédés

A côté de ces qualités, on peut observer que les traitements photographiques, le plus souvent difficilement reproductibles, ne peuvent être que des procédés qualitatifs dans lesquels le rôle de l'utilisateur est important ; ils nécessitent d'autre part une multiplicité de transcriptions et d'assemblages qui altèrent les données d'origine ; ils risquent enfin de privilégier «les voies exclusives, faciles mais tellements insuffisantes de la photo-interprétation» selon l'expression de J. POUQUET.

Les traitements photographiques sont difficilement reproductibles, car les conditions de chaque traitement (qualité et température des bains photographiques, appréciation de l'opérateur au cours du développement, etc...) ne peuvent être rigoureusement répétées : c'est là un des handicaps majeurs dont on ne peut guère s'affranchir. De plus, la conservation des teintes sur les images pose des problèmes encore mal résolus, alors que les documents en couleurs ont tendance à se généraliser. Enfin, les procédés d'impression rendent souvent difficilement discernables les nuances que le traitement photographique a mises en évidence : une partie importante du dialogue chercheur - utilisateur se trouve alors biaisée ; cette difficulté paraît insoluble en dehors de procédés d'impression atteignant rapidement des coûts prohibitifs.

Le caractère qualitatif des traitements photographiques est aussi contraignant : non seulement le «rendu» du document dépend beaucoup du coup d'œil et du doigté de l'opérateur - et c'est la raison pour laquelle il apparaît souhaitable de faire soi-même les traitements -, mais encore les traitements photographiques ne sont guère susceptibles d'exploitation quantitative. Alors que l'un des buts des programmes Landsat était justement de réaliser un inventaire permanent des richesses naturelles de la Terre, il n'est guère possible de se limiter à un inventaire qualitatif. Certes l'exploitation qualitative des images est possible, souhaitable et a apporté de nombreux faits nouveaux, à propos de la dynamique des accumulations sableuses par exemple, - publications de M. MAINGUET, 1973 à 1978 - de l'évolution des littoraux d'Amérique Centrale (travaux de H.G. GIERLOFF-EMDEN, 1976, etc...), entre autres -. Mais en tenant compte de l'orientation de plus en plus «quantitative» des Sciences de la Nature d'une part, et surtout de la nature quantitative dès l'origine des données Landsat, il paraît préférable de s'orienter vers les traitements numériques plutôt que vers les traitements photographiques.

Un autre inconvénient des traitements photographiques réside dans le fait que les images originelles sont une transcription de données numériques, dans lesquelles toutes les nuances des enregistrements (théoriquement 128 niveaux, pratiquement 40 à 80 selon les conditions d'enregistrement et de pré-traitement) ne peuvent que très difficilement être transcrites et perçues par des nuances de gris. Mais l'inconvénient essentiel vient du fait que chaque étape du processus photographique (passage positif / négatif, agrandissement, etc...) a comme effet de réduire le contraste, la «dynamique» de l'image.

Les données d'origine se trouvent donc altérées au fur et à mesure du processus photographique. C'est pourquoi les traitements photographiques devraient sans doute se limiter à deux ou trois étapes après le cliché original, et à la recherche d'unités de paysage à signature spectrale assez simple. Même dans ce cas, les conditions onéreuses de l'impression en demi teintes - pour ne pas parler de la couleur - risquent d'annihiler, pour le lecteur, telle nuance délicate laborieusement mise en évidence au laboratoire.

D'autre part, bien des unités de paysage dont la signature spectrale demeure complexe et ambiguë sont difficiles à isoler par les techniques photographiques, à moins de manipulations nombreuses *. Si on oublie de vérifier au sol les catégories spatiales que suggéraient les traitements photographiques («réalité de terrain»), on atteint une des limites de cette méthode : par exemple, la distinction entre de véritables régions forestières et un aérodrome n'était possible qu'avec un échantillonnage plus fin des éléments du paysage ; mais alors le document final risque d'être moins lisible. Les traitements photographiques sont utiles dans une phase exploratoire, mais atteignent assez rapidement leurs limites.

Enfin, les traitements photographiques présentent l'inconvénient - qui peut être un avantage pour les travaux n'appartenant plus, dans un contexte donné, à la recherche «fondamentale» - de privilégier les démarches de la photo-interprétation. Dès lors l'«imagerie satellitaire» est traitée comme une photographie aérienne classique, et le hiatus taxonomique entre photographies et images de satellite risque d'être, consciemment ou non, occulté.

Toute une série de travaux (J. TRICART, 1965, p. 92 ; F. JOLY, 1976, p. 53, etc...) ont montré que les phénomènes relevant du millionième par exemple ne pouvaient être analysés avec les mêmes méthodes que les phénomènes pour lesquels le 1/20 000 ou le 1/50 000 constituent l'échelle sensible.

* Aussi peut-on être conduit à des confusions parfois risibles, la rubrique «zone de végétation de plus de 2 m de hauteur» «identifiant» les pistes bétonnées d'un aérodrome (communiqué par J. TRICART).

Dans la mesure où la région qui fait l'objet de cette étude est de faible dimension et peut donc être connue avec une certaine précision, il importait d'utiliser les méthodes apparaissant les plus «fines», c'est-à-dire susceptibles de permettre une cartographie exacte à des échelles voisines de 1/50 000. Sans méconnaître le rôle irremplaçable des traitements photographiques et des appareillages qui, comme A.R.I.S.T.I.D.E., permettent une exploration rapide, synoptique d'une vaste région et un dialogue d'apprentissage souvent fructueux, il a semblé que sur un secteur réduit en extension dont on tentait une analyse spatiale globale et non seulement thématique, l'utilisation des données numériques originelles était préférable à l'emploi des seules images. C'est sans doute la raison principale qui a conduit à préférer le traitement numérique des données enregistrées par les satellites, l'image de télédétection étant utilisée comme document annexe, pour le repérage des unités principales de paysage, un contrôle de la réalité de terrain, et la comparaison avec les photographies aériennes.

III. TELEDETECTION DES MARAIS CHARENTAIS

3. La cartographie automatique

C - LA CARTOGRAPHIE INFOGRAPHIQUE

Depuis 1972, l'équipe Fralit a développé deux séries de programmes informatiques de traitement des données : des programmes de classification automatique des valeurs enregistrées, considérées comme une population au sens statistique du terme, et des programmes dits «supervisés» pour lesquels une signification géographique est associée à chaque groupe de valeurs enregistrées par les capteurs des satellites. Ces deux types de programmes concourent à la réalisation de cartes dites **infographiques** *(graphiques réalisés grâce à l'informatique). Ces travaux ont fait l'objet d'une publication collective (FRALIT, 1977) où l'on trouvera l'exposé intégral des fondements théoriques des méthodes utilisées pour les travaux sur les Marais Charentais.*

Sur le littoral charentais, les recherches ont eu pour objet :

- la cartographie, les unités de paysages (ou phénons) reconnus au sol, par combinaisons de données multispectrales, instantanées ou diachroniques.*

- l'identification des aspects du paysage révélés par les données traitées et dont l'apparence au sol n'avait pas été observée avant les informations de satellites.

Ces recherches ont eu pour effet de rendre plus sensible à la dimension des paysages (importance de la notion d'échelle), et aussi d'entraîner à rechercher les causes des confusions créées par les enregistrements utilisés.

I - PRINCIPES DE LA CARTOGRAPHIE INFOGRAPHIQUE

Avant d'exposer les principes et l'intérêt de la cartographie infographique, il importe de rappeler quelques définitions essentielles.

1 - Rappel de définitions

La **tache élémentaire**** d'enregistrement couvre une surface au sol correspondant à un élément d'image «élim» ou **«pixel»** (picture element) ; elle donne lieu à quatre enregistrements simultanés dans quatre canaux, transmis à l'utilisateur sous forme de bandes magnétiques et d'une transcription en images ou «photos facsimilés».

Lors de l'analyse d'un «lot» de données de dimension choisie par l'expérimentateur, le dialogue homme/machine peut s'effectuer à trois stades : avant, pendant ou après le traitement, et revêtir trois modes : spectral, taxonomique ou géographique. On désigne par **assistance** la participation humaine au traitement des données ; la **pré-assistance** a lieu avant le traitement, la **co-assistance** est un processus interactif (dialogue homme-machine) pendant le traitement et la **post-assistance** après le travail de la machine. Cette assistance est dite **spectrale** si la décision de l'opérateur se fonde sur les caractéristiques statistiques des signatures spectrales, **taxonomique** si on se fonde sur la connaissance des unités physiographiques de paysage (distinctions marais/estrans par exemple), **géographique** si on se fonde sur l'extension spatiale d'une unité de paysage. Ainsi, les cartes infographiques classiques (D.J. DAVID, J. DERIES, F. VERGER, 1975 ; B. CALLAME, 1976) sont-elles établies avec une pré-assistance taxonomique ; la post-assistance géographique consiste à vérifier que les groupes de valeurs associés au paysage marais, par exemple, sont inscrits - et de façon exclusive - dans les régions de marais connues au sol.

D'autre part, on distingue les méthodes de traitement dites **supervisées** dans lesquelles on répartit les signatures spectrales selon la connaisance que l'on peut avoir à priori de leur nature et de leur localisation - méthode usuelle pour les géographes - des méthodes dites **non supervisées,** dans lesquelles les signatures spectrales sont réunies automatiquement dans des ensembles homogènes à l'aide de critères de distribution définis mathématiquement (Equipe FRALIT, 1977, p. 121). On considère que l'approche supervisée aboutit à un **classement** des objets connus en un certain nombre de classes, l'approche non supervisée réalisant une **classification** d'éléments d'image (Conseil de l'Europe, 1978, p. 298).

En vue d'une réalisation de cartes mettant en évidence l'originalité des paysages des Marais Charentais, on a choisi le mode de traitement supervisé, la pré-assistance taxonomique et la post-assistance géographique. Cette méthode permet en effet d'utiliser les éléments géographiques de connaissance des marais exposés dans les chapitres précédents : la géographie apparaît alors comme un ensemble de données acquises sur la région, indépendamment des données de télédétection. Utiliser ces deux sources de documentation pour com-

* J. BOULAINE, 1978, pp. 15 - 30, distingue les «phénons», unités concrètes de paysage existant dans la nature, les «taxons» unités conceptuelles de classification et les «mappons», unités cartographiques. L'idéal serait que le mappon soit aussi proche que possible du phénon... et du taxon.

** Expression concise pour gabarit de surface au sol; mesure 79 x 56 m dans les enregistrements Landsat.

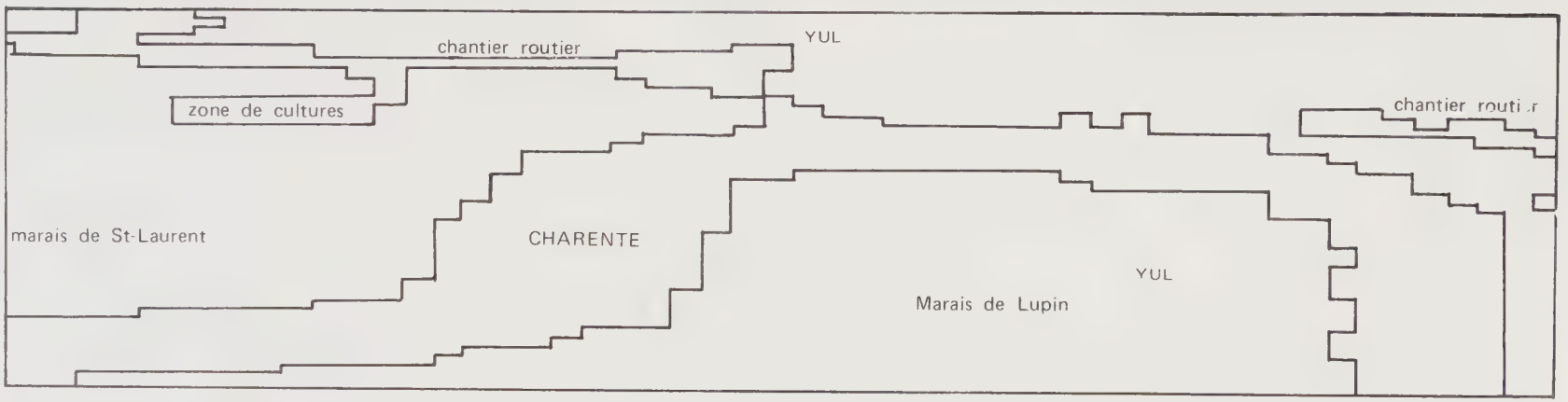


Fig. 242 : Visualisation FRALISIM des marais de la Basse Charente le 10 juillet 1973

Chaque tache élémentaire est caractérisée par ses valeurs de rayonnement dans 3 canaux (4,5 et 7). Les valeurs élevées dans le canal 4 caractérisent la Charente (valeurs faibles dans le canal 7) et les zones de sol nu (chantiers, labours, dont les valeurs sont différentes dans le canal 5) etc. Ainsi peut être établie une signature multispectrale des éléments de paysage.

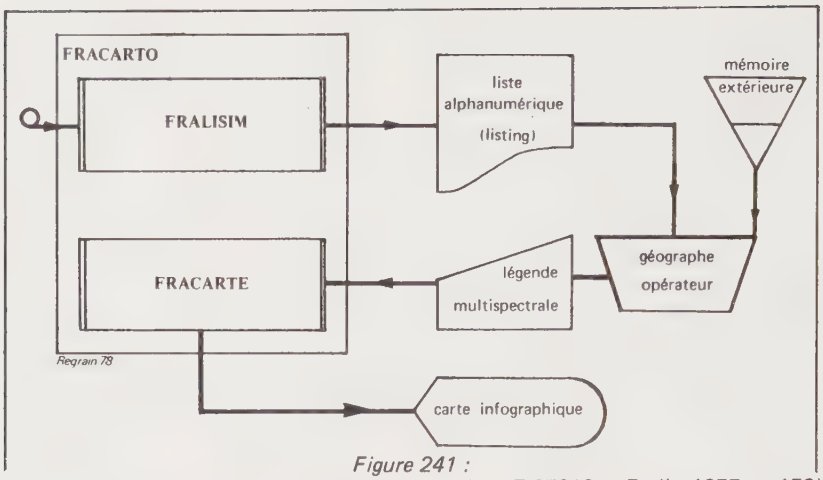


Figure 241 :
Le programme FRACARTO (d'après norme AFNOR Z 67010 et Fralit, 1977, p. 156)

prendre le fonctionnement des écosystèmes et du paysage des Marais Charentais constitue donc le programme des travaux.

Dans ce but, il est nécessaire de disposer d'ensembles homogènes ou **sites-témoins,** de caractéristiques physiographiques connues, compris dans les zones-test ou **zones d'expérimentation** qui feront l'objet des recherches. Ainsi, pour les Marais Charentais considérés comme zone d'expérimentation, plusieurs sites-témoins ont été utilisés pour identifier d'après leurs réponses spectrales, les cordons littoraux, les prairies permanentes sur marais plats ou sur marais gâts, les types de claires, etc...

Après avoir exposé les principes généraux du programme à pré-assistance taxonomique appelé FRACARTO*, on insistera sur le mode d'établissement de la légende et on terminera par un examen critique de la carte réalisée à partir des données du 11 juillet 1973.

2 - Le programme FRACARTO *

Il permet, à la fois de traiter les données numérisées et d'en assurer une représentation cartographique automatique sur traceur BENSON *(figure 241).*

a) Description et essai

FRACARTO assemble deux sous-programmes : FRALISIM et FRACARTE. Le sous-programme FRALISIM fournit, pour chacun des points contenus dans la zone étudiée et sous une forme alphanumérique, les valeurs des données enregistrées dans les canaux désirés ; la liste ainsi obtenue expose la signature multispectrale de chaque tache élémentaire. On peut alors isoler les unités définies par leur légende multispectrale : ainsi sur la *figure 242* représentant les marais à l'aval de Rochefort, les valeurs comprises entre 33 et 40 dans le canal 4 (signes V à €), 13 et 21 dans le canal 7 (signes A à I) définissent-elles une unité correspondant aux marais plats à herbages dans la boucle du méandre de Saint Nazaire sur Charente le 11 juillet 1973. Si l'on retient la légende établie sur ce site témoin pour réaliser une carte infographique, le sous-programme FRACARTE assure la constitution d'une bande contenant les instructions de tracé en différé sur traceur de courbes BENSON d'une carte à l'échelle souhaitée, ici le 1/80 000ème. La *figure 243* montre l'extension des régions dites «marais plats à herbages» d'après les valeurs de rayonnement enregistrées sur le site-test retenu. On observera que des parcelles continentales, une partie de la ville de Rochefort (et d'autres paysages non représentés sur cet extrait) ont la même signature multispectrale. Cet exemple montre que la légende taxonomique fournie était insuffisamment précise pour définir correctement les marais à herbages. Il est alors possible :

- de modifier les bornes des intervalles retenus ; après plusieurs essais, on devrait parvenir à une pré-assitance taxonomique satisfaisante, pour le jour d'enregistrement et la région considérée.
- de changer l'assemblage de canaux : 7 et 4 dans cet essai alors que 7 et 5 pourraient être plus pertinents pour définir les marais, comme ils le sont pour la slikke.
- de changer de site-témoin, celui de la Pointe Sans Fin pouvant présenter des caractères particuliers (à déterminer) par rapport au reste du marais : c'est ce que montre cet essai, où les marais qui couvrent l'ensemble de la boucle du méandre de la Charente paraissent appartenir à deux unités différentes.

b) Fondements théoriques du programme (in FRALIT, 1977, pp. 86-89)

La définition d'intervalles de valeurs spectrales correspondant aux phénons connus au sol est la phase cruciale de la pré-assistance taxonomique. Deux cas peuvent se présenter :

- les phénons ou unités de paysages correspondent à des paysages nettement individualisés, homogènes, aux limites spatiales et spectrales nettes, avec des gradients spectraux forts sur les frontières. Ces situations seraient plus fréquentes dans les milieux continentaux et aménagés que dans les milieux marins et naturels ; deux canaux suffisent pratiquement à définir les mappons correspondants.

- les phénons à variation continue dans l'espace («continuums de paysage»), aux limites progressives, ne présentent que de faibles gradients, ils sont assez fréquents dans les eaux littorales et sur les estrans. Une pré-assistance spectrale permet de déterminer les

* Le programme FRACARTO est décrit dans Equipe FRALIT, 1977, p. 155. Une version plus évoluée, appelée FRACARTI est publiée dans Equipe FRALIT, 1979, p. 97 - 119.

	MSS-4	MSS-5	MSS-6	MSS-7
marais à herbages	33-40	1-128	1-128	13-21
Charente	1-128	1-128	1-128	1-8
slikke	1-128	1-128	1-128	9-17
agglomération	1-128	39-46	1-128	18-26
schorre et divers	1-128	27-128	1-128	27-128

autres paysages

FRACARTE - VERSION 1.0
(1353.10244)11 JUIL 1973
LIGNES 1135 A 1228 /1
COLONNES 1860 A 2080 /1
ECHELLE: 1/ 50 000

Figure 243 :
Carte infographique des marais de la Basse Charente

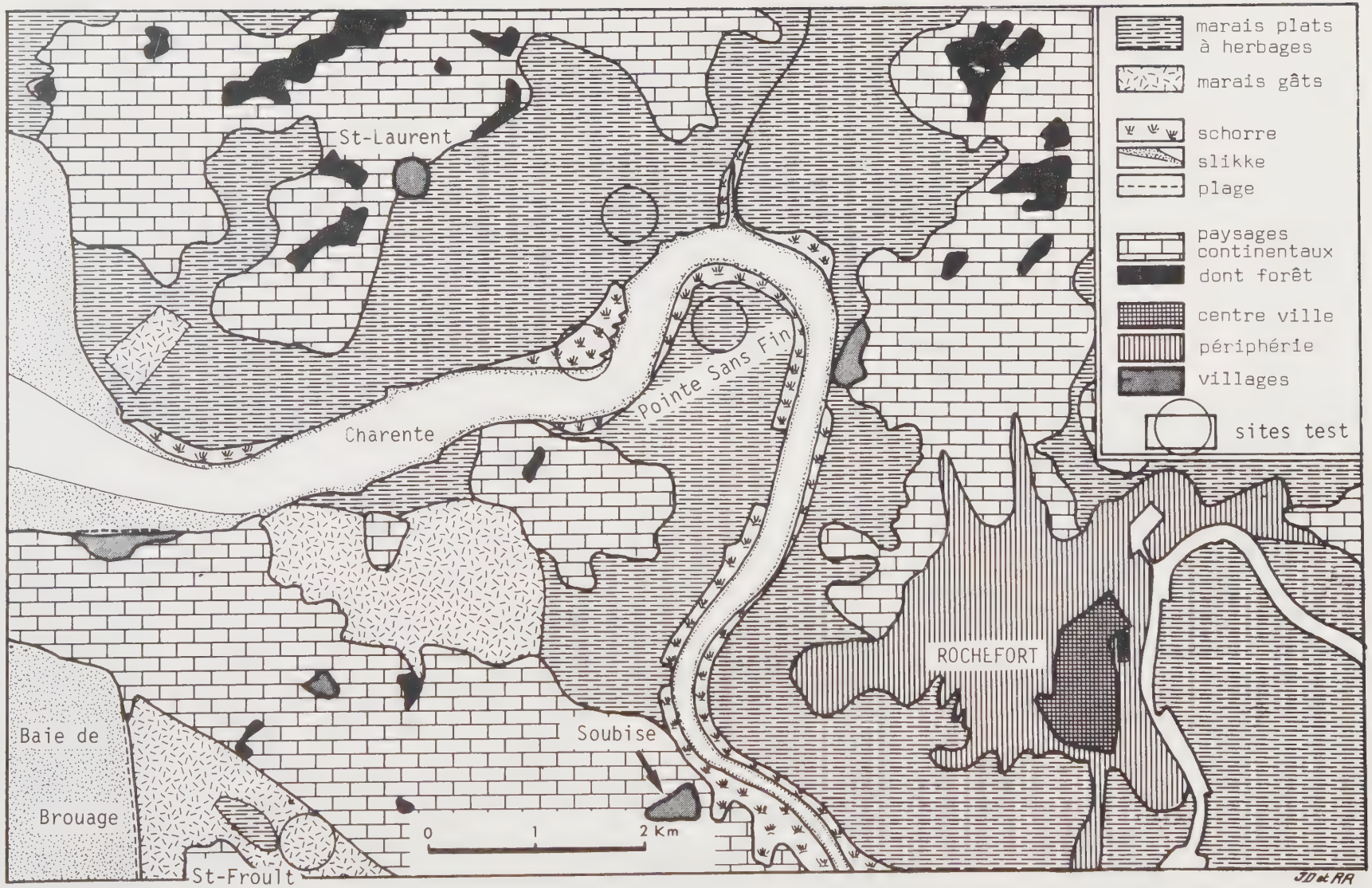


Figure 244 :

Carte des paysages (phénons) de la Basse Charente

mappons correspondants, complétée éventuellement par une pré-assistance taxonomique.

Les inconvénients de cette méthode proviennent de ce qu'elle dépend beaucoup de l'opérateur, de la connaissance et du choix de sites homogènes, ainsi que de ses *a priori* de classification ; ses avantages résident dans la simplicité d'emploi, le faible coût des calculs ; dans le cas d'un continuum, des classements qui s'apparentent aux méthodes de traitements photographiques par équidensités peuvent être utilisés.

3 - Légendes des cartes infographiques du 11 juillet 1973

Les données enregistrées par Landsat 1 en Juillet 1973 sont parvenues au début de 1974. Comme il s'agissait de la première série de bandes magnétiques concernant les Marais Charentais, une partie de la mise au point des méthodes s'est effectuée à partir d'extraits de ces enregistrements. On exposera donc les raisons du choix des zones d'expérimentation, et le processus d'établissement de la légende.

a) Choix des zones d'entraînement ou d'expérimentation

Après une visualisation des données sur listes d'ordinateur par des signes alphanumériques, on a réalisé une cartographie partielle et de format plus maniable ; trois zones d'expérimentation ont été retenues :

- la Mer des Pertuis, à titre d'extension des résultats obtenus sur la zone de Fromentine (P DEMATHIEU, F. VERGER, 1973 b).
- les marais de la Basse-Charente en raison du caractère varié de leurs unités de paysages,
- la région de Marennes où les marais sont plus ou moins couverts d'eau.

La légende ayant été principalement établie sur les marais de la Basse-Charente, cette région fera l'objet d'une description détaillée.

Cinq unités physiographiques de paysage existent à l'ouest de Rochefort : un marais, des presqu'îles, la Mer des Pertuis avec ses estrans et la Charente, l'agglomération rochefortaise et deux grands chantiers *(figure 244).*

Les marais présentent le paysage classique des marais plats : parcelles de forme rectangulaire utilisées comme prairies permanentes entourées de fossés, envahies de roseaux, avec de rares lignes de tamaris ; au Nord, quelques parcelles cultivées par la ferme expérimentale de Saint-Laurent de la Prée. Au Sud-Ouest de la région choisie, des marais salants abandonnés ou marais gâts encadrent la presqu'île de Saint-Froult.

Les «terres hautes», anciennes îles ou presqu'îles, sont formées de calcaires et de sables, couverts de prairies, de cultures ; les villages y sont rares et de faible importance. Les lambeaux forestiers, assez développés et massifs, permettent d'individualiser les affleurements sableux ou très calcaires.

La Mer des Pertuis et la Charente se caractérisent par le grand développement des slikkes, la faible profondeur et la forte charge des eaux (M. TESSON, 1973 et *supra,* I.2.). Le tracé de la Charente permet une localisation acceptable des pixels ; un schorre assez massif se développe à la Pointe de la Parpagnole. Dans l'estuaire de la Charente enfin, les eaux marines et les eaux continentales entrent en contact aux environs de Soubise.

L'agglomération rochefortaise présente les paysages typiques des installations humaines : un centre ville dense, créé au XVIIème siècle, une banlieue aérée de pavillons, jointifs ou non, des groupes d'immeubles récents ; de larges coulées vertes sur les anciens remparts ou près de l'ancienne Corderie, des zones industrielles anciennes et récentes, des faubourgs linéaires.

En 1973, trois chantiers assez étendus étaient compris dans cette région :aménagement de claires à huîtres dans les marais de Saint-Froult («marais de Monportail») installation d'établissements militaires sur la presqu'île de Soubise, doublement de la route de La Rochelle à Rochefort.

De ces cinq unités de paysage une attention particulière sera portée aux différents types de marais, aux paysages marins et littoraux ; les paysages continentaux et urbains seront plus sommairement traités. La définition des sites-test procède de ces choix préalables.

Les sites-tests retenus ont concerné surtout les marais (Pointe Sans Fin, nord de Saint-Froult) et les zones d'estran (Baie de Brouage, Pointe de la Parpagnole); des sites-tests secondaires ont pu être localisés sur l'agglomération rochefortaise, les chantiers et les forêts.

b) Le repérage des taches élémentaires

Le repérage des principaux éléments du paysage a d'abord été réalisé à partir des images*; des visualisations sur listes d'ordinateur sont ensuite éditées. Les contrôles de réalité de terrain reposent sur un positionnement le plus exact possible du pixel ; leur détermination peut être entachée d'erreurs à divers stades.

Lors de l'enregistrement, si la position du satellite n'est pas tout à fait correcte, ce pixel peut avoir été mal enregistré ; il est possible aussi que le calibrage du système de référence soit momentanément défectueux (NASA, 1971 p. G. 1).

Lors du traitement par la NASA, les pixels reconnus défectueux sont reconstitués en fonction des valeurs de leurs voisins (NASA, 1971, p. G.10). J.M. MONGET (*in* FRALIT, 1977, p. 73) estime que «les données sont souvent entachées d'erreurs aléatoires qui ont tendance à estomper les contrastes entre classes d'objets différents».

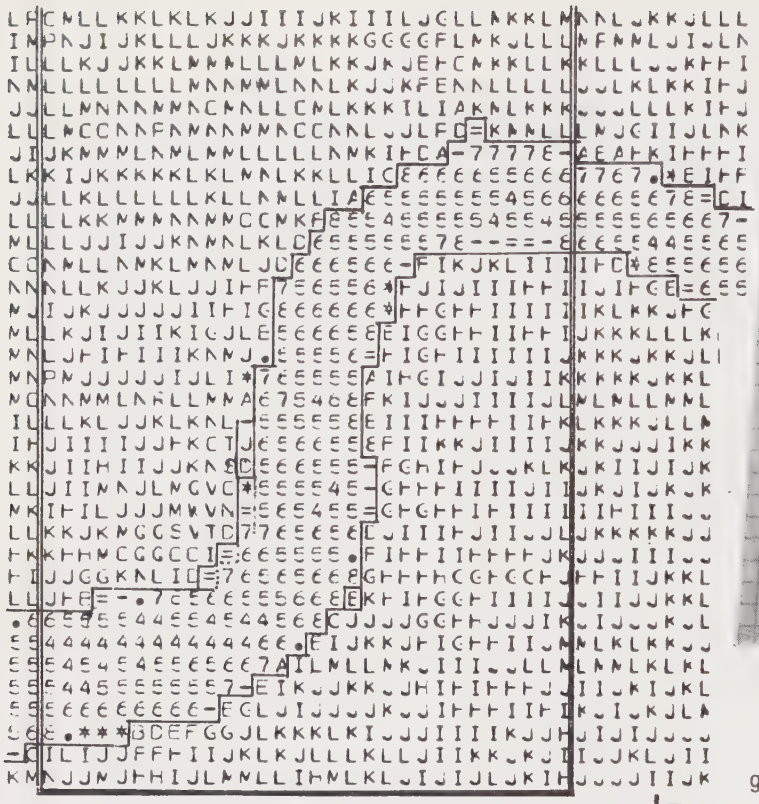
Au stade du traitement par l'utilisateur, les possibilités pour «caler» correctement une grille portant les limites des taches élémentaires Landsat sont réduites.

Une telle grille a été réalisée•, à l'échelle de 1/25 000, et superposée à la carte de Rochefort 5/6 à 1/25000 *(figure 245 a).* La méthode la plus efficace pour caler cette grille consiste à établir la limite des surfaces en eau, sur la liste du canal 7 ou sur une visualisation multispectrale *(figure 245 b).* Cette limite reportée sur la grille, est ensuite superposée à la carte à 1/25 000. La mise en place peut être contrôlée si l'espace choisi comporte des pixels singuliers comme le débouché d'un chenal de drainage (l. 1150, col. 363 sur la *figure 242)* suffisamment large pour dépasser un pixel ; sur l'extrait présenté, un chantier routier, caractérisé par les fortes luminances dans les canaux 4 et 5 (ligne 1140, colonne 340 à ligne 1148 col. 363) permet de préciser l'orientation de la grille choisie.

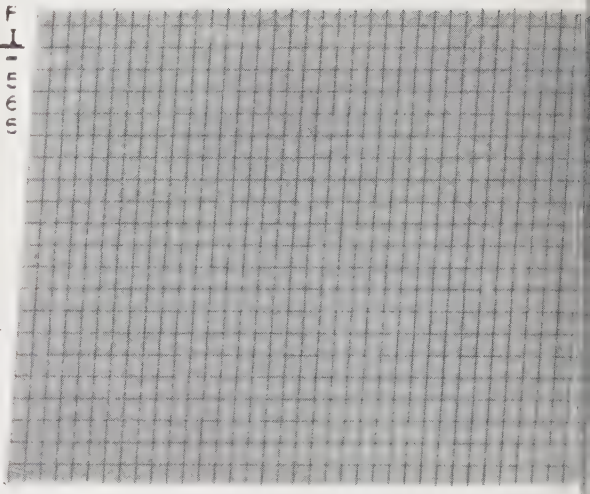
La détermination des positions au sol des pixels est relativement facile lorsqu'on a affaire à une rivière assez large, et en utilisant le canal 7.

* Dans une étape ultérieure, ce repérage préliminaire sur l'image a pu être abandonné.

• Grille réalisée par le Laboratoire de Géomorphologie de l'Ecole Pratique des Hautes Etudes.

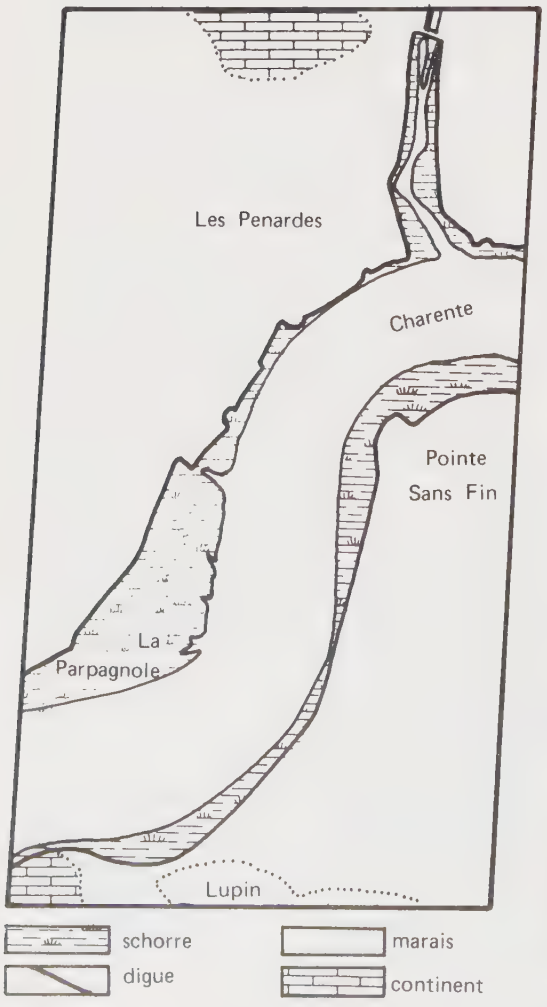


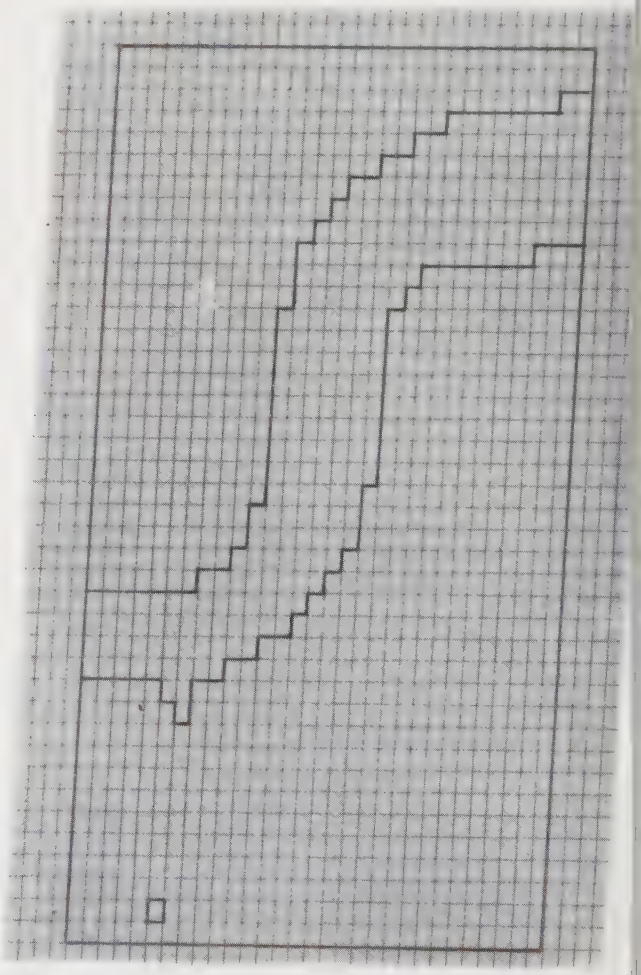
visualisation du canal 7



grille pour le repérage des taches élémentaires à 1/25 000

A | B
C | D





limites des paysages reportées sur la grille

Figure 245 :

Méthode de repérage des taches élémentaires (EPHE)

Dans le cas général, on ne peut cependant que reprendre l'opinion de J.M. MONGET (*in* FRALIT, 1977, p. 73) : «il y a toujours une incertitude quant au transfert cartographique de la connaissance *a priori* à la position relative des pixels correspondant à une classe déterminée. En effet, la reconnaissance des signatures spectrales est basée sur les propriétés statistiques des objets reconnus *a priori* au cours d'une campagne de vérité de terrain». Cette assistance peut être décomposée en trois phases :

1. reconnaissance des objets sur le terrain (ex. : conifères)
2. report cartographique de cette réalité de terrain (reconnaissance *a priori*) sur un support tel qu'une carte IGN à 1/100 000.
3. repérage des pixels appartenant aux ensembles cartographiés précédemment (conifères) en se basant sur les caractéristiques géométriques de l'orbite.

Dans le passage de la phase 2 à la phase 3 existent un certain nombre d'incertitudes dues :

- à la connaissance plus ou moins fine de la géométrie de prise de vue,
- à la taille des pixels par rapport à la finesse des contours de la réalité de terrain,
- aux erreurs de repérage.

Dans le cas où la préassistance géographique fait appel à plus d'une parcelle sur le terrain, les erreurs précitées se manifestent comme un «bruit» au niveau des histogrammes spectraux caractéristiques de l'unité de paysage (J.M. MONGET, *in litteris,* 1977). C'est la raison pour laquelle, dans les cartes infographiques réalisées, les régions de paysage homogène, où les pixels ont des valeurs voisines, sont plus aisément identifiables que les régions situées au contact d'unités spectrales, où le même pixel recouvre des unités de paysage différentes. La préassistance taxonomique paraît donc mieux adaptée à définir des surfaces homogènes, en dehors des régions de transition.

La *figure 245* permet d'observer que si un certain nombre de pixels correspondent aux unités de paysage décrites ci-dessus (marais, chantier, schorre, cours de la Charente), d'autres ont un contenu beaucoup plus varié. Ainsi, la limite slikke-schorre coïncide-t-elle avec la limite entre pixels à l'Est de la Pointe de la Parpagnole*, alors qu'elle se trouve traverser des pixels plus près de l'île de Lupin : ces pixels rassemblent des valeurs de luminance correspondant à divers phénons: eau, slikke et schorre en proportion variable. La *figure 245* montre ces mappons artificiels encadrant le cours de la Charente.

La même grille permet d'observer que les pixels comprenant des digues ou des chemins herbeux ont des réponses spectrales peu différentes des pixels de marais ; les chemins empierrés ont une réflectance un peu supérieure dans l'infrarouge (25 au lieu de 20 à 24) ainsi que les autres canaux : il est possible que la légère remontée des températures au sol dans les jours précédents soit responsable de ce phénomène *(figure 247)*. Par contre, la distinction entre les pixels de schorre et de marais est moins délicate près de la Pointe Saint Fin ; les luminances sont un peu plus faibles dans le canal 7 (inférieures à 20), ce qui peut s'expliquer par un meilleur drainage (période de déchet, marées ne couvrant pas le schorre) et par une moindre couverture végétale, que les plus fortes valeurs des canaux 4 et 5 (supérieure à 35) soulignent. Des pixels de marais présentent parfois des valeurs communes dans le canal 7 avec des pixels recouvrant de petites parcelles aux nombreuses bosses de curage ou des parcelles récemment fauchées ; dans le canal 4 des confusions s'établissent avec certains pixels de chantier routier, etc...

On saisit là une des difficultés de la notion de signature spectrale, une même valeur de réflectance pouvant être associée à des phénons différents. C'est pourquoi on s'efforce d'établir des signatures multispectrales, plus pertinentes.

La dimension du pixel conduit donc à retenir comme sites-tests des régions dont les réponses multispectrales sont les plus voisines possible : c'est le cas du site-test de la Pointe Sans Fin qui correspond aux marais couverts de prairies de la boucle de la Charente. Il s'agit de prairies assez humides, parcourues d'anciens chenaux de marée, comportant des mares utilisées comme abreuvoirs ou pour la chasse aux canards, d'environ 10x20 m ; les parcelles sont séparées par des fossés de 2 à 3 mètres de large, partiellement encombrés de roseaux. Le tapis végétal, assez homogène, présente localement des zones plus humides, couvertes de guimauves ; quelques parcelles mieux entretenues s'individualisent par une teinte plus claire sur les photographies aériennes. Dans les marais de Saint-Laurent de la Prée, à part les secteurs cultivés par l'INRA, les paysages sont comparables, bien que les «marbrures» dues à la mosaïque végétale soient plus fréquentes à proximité de la Charente. Dans les marais du méandre de Rochefort, l'homogénéité est accrue par le fauchage sur l'emprise de l'aérodrome. Le site-test de la Pointe Sans Fin peut donc, *a priori* être utilisé pour définir le taxon «marais à herbages».

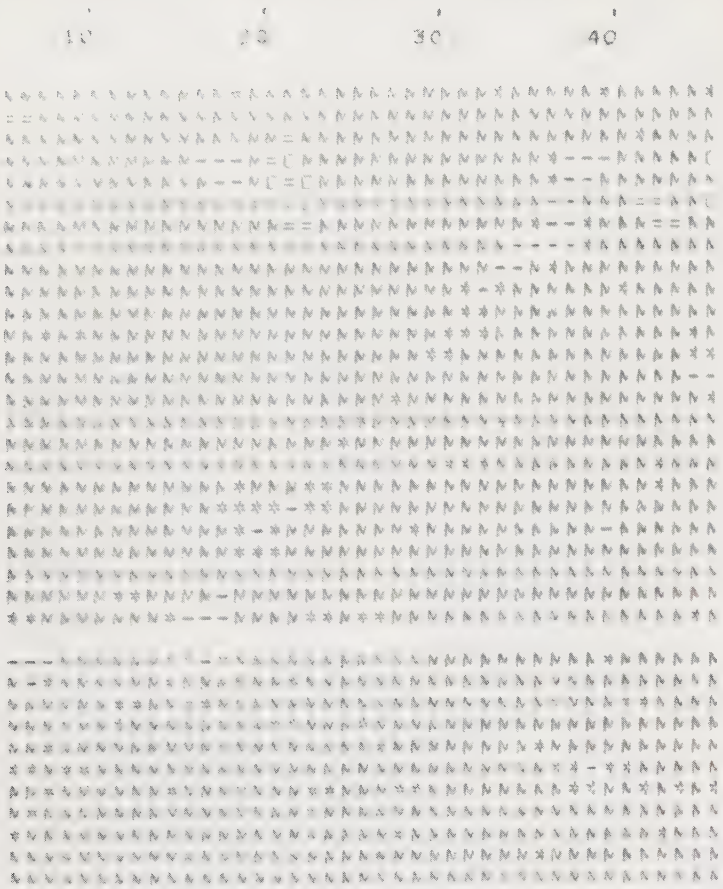
Un autre site-test de marais concerne les marais gâts de Saint-Froult. Il s'agit de marais gâts dont aucun bassin n'est orienté dans le sens du balayage. Dans ce phénon se succèdent des levées herbeuses atteignant 60 à 150 cm, et des bassins humides, parfois tourbeux, couverts de roseaux assez fréquemment fauchés ; la disposition quelque peu anarchique de ces bassins fait qu'un pixel se compose d'une partie de bassin et d'une partie de bossis ; des fossés étroits découpent ce paysage, qui comporte un seul marais plat, près de Saint-Froult : plusieurs pixels découpant ce phénon, on pourra vérifier si Landsat peut distinguer marais plats et marais gâts.

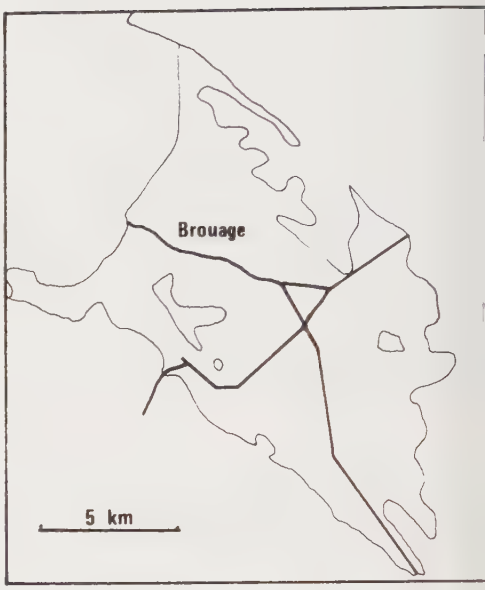
Les sites-tests concernant les estrans ont été choisis aux Sables de Plaisance et à la Pointe de la Parpagnole, schorre situé au sud des marais de Saint-Laurent. Seul ce dernier fera l'objet d'une étude détaillée.

Sur la rive droite de la Charente, la Pointe de la Parpagnole correspond à un schorre massif à l'Ouest, où il est couvert principalement de *Spartina townsendi* , finement découpé par des chenaux de marée à l'est où *Halimione portulacoïdes* forme des peuplements homogènes, bordés de *Salicornia herbacea* dans les régions déprimées ; quelques secteurs de ce schorre sont régulièrement fauchés.

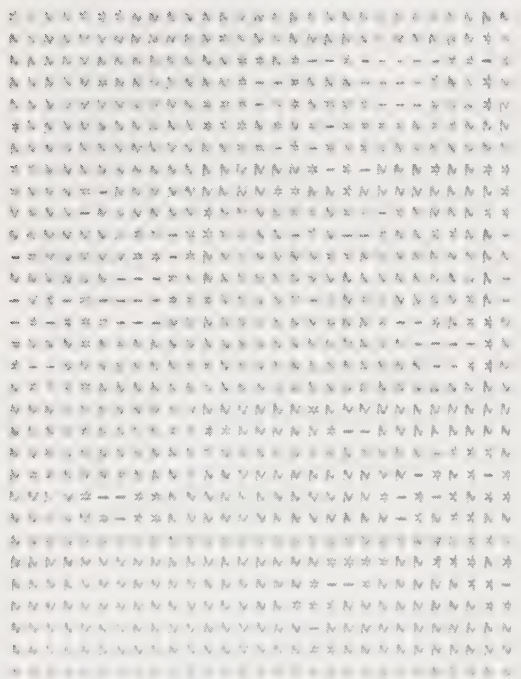
Sur la visualisation FRALISIM *(figure 242, supra)*, les eaux de la Charente se caractérisent par leur faible luminance dans le canal 7 (comprise entre 4 et 9) et leurs

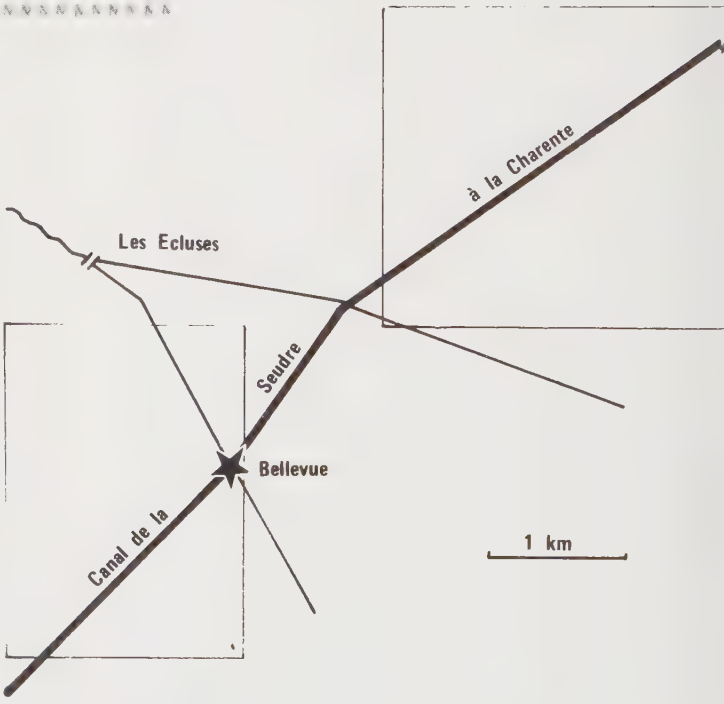
* Position estimée graphiquement par la méthode de la grille calée sur des surfaces en eau dans le canal 7 et sous réserve des erreurs résiduelles de position lors de l'enregistrement (K.W. WONG, 1975), c'est-à-dire à ±1 pixel environ.





A. au nord de Bellevue





B. Au sud de Bellevue

Figure 246 :
Pixels artificiels encadrant le canal de la Seudre à la Charente

(canal 5).

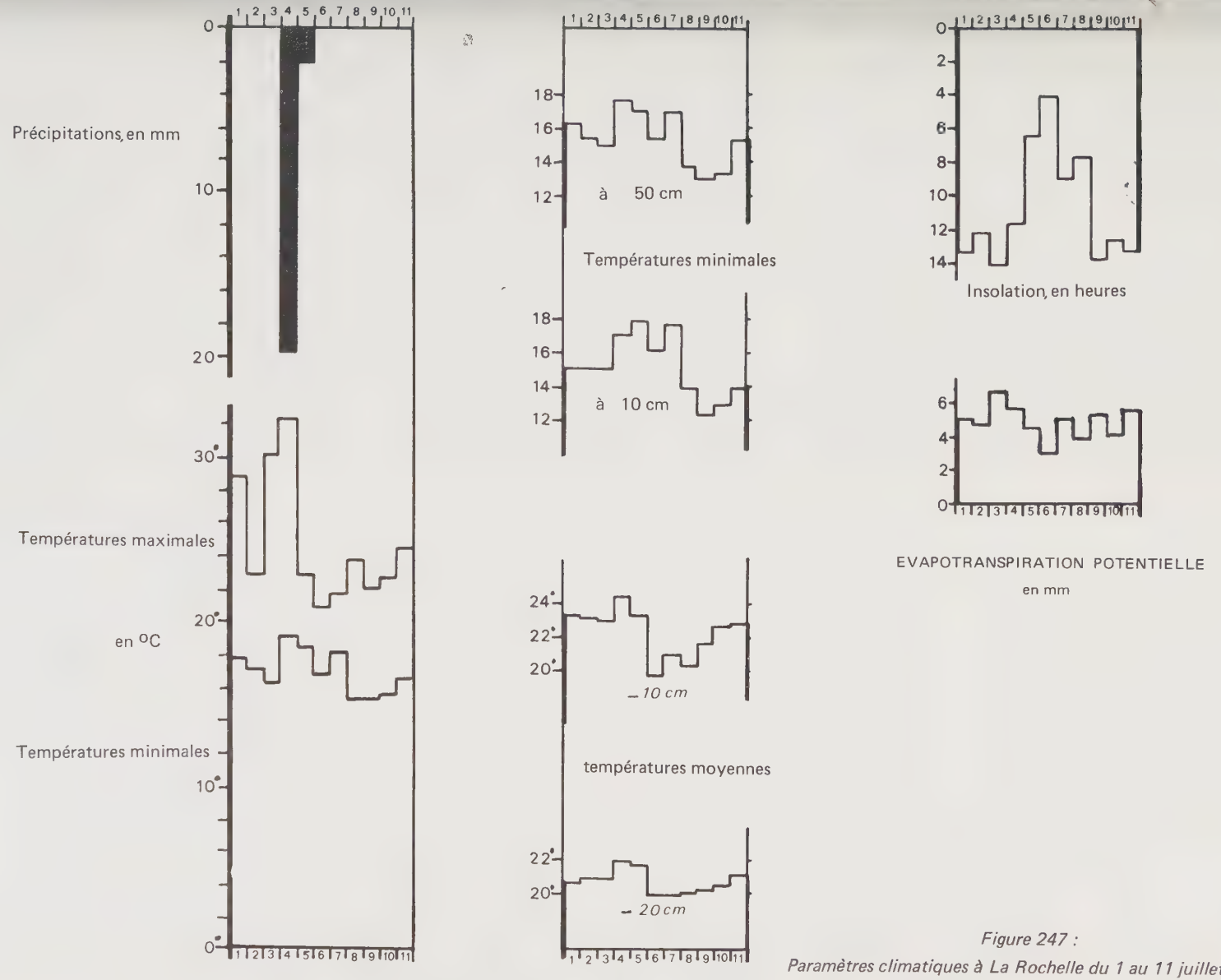


Figure 247 :
Paramètres climatiques à La Rochelle du 1 au 11 juillet 1973

fortes luminances dans les autres canaux (42 (₹) à 45 (₦) dans le canal 4, 33 (X) à 41 (Ð) dans le canal 5.

L'estran des Sables de Plaisance présente les paysages caractéristiques des estrans d'accumulation charentais ; un wadden vaseux à rides transversales se termine soit sur un schorre au sud de la zone test, soit vers un haut de plage sableux passant au cordon littoral nu ou couvert *(Ammophila arenaria, Hippophae rhamnoides)* au Nord, mais sans forêt à proximité comme à Fromentine ; l'estran sableux ne dépasse pas cent mètres de largeur ; le cordon se poursuit dans le marais où il est localement cultivé.

Les paysages continentaux ont été cartographiés plus sommairement ; on a simplement localisé la ville de Rochefort dont on a pu distinguer le centre et les faubourgs, les chantiers de la RN 137 ; des sites-tests correspondant aux principales masses forestières, surtout des chênaies ont été choisis dans les bois de la Grollière, à Soubise.

En choisissant des zones-témoin assez vastes (100 pixels dans le marais de Saint Laurent, 240 à la Pointe Sans Fin, par exemple), on a plus de chance de définir une zone homogène. Pourtant cela n'est pas toujours possible : *Halimione portulacoïdes* de la Pointe de la Parpagnole couvre moins d'une dizaine de pixels, et le schorre une trentaine. K. BUTERA (1975, p. 2149) estime que le nombre «d'éléments de résolution» statistiquement suffisants pour une zone d'entraînement est au moins de 25. La zone homogène ainsi identifiée couvrant à peu près dix hectares avec la dimension du pixel de Landsat (0,5 ha pour l'expérience de K. BUTERA où le pixel mesurait 15x15 m), quels caractères du paysage des Marais Charentais peuvent-ils apparaître ? La carte infographique permet de répondre en partie à cette question.

c) Etablissement de la légende

La définition des zones-témoin exposée ci-dessus se fonde sur la connaissance du terrain et les photographies aériennes ; ainsi sont mis en évidence les traits permanents du paysage : formes de relief, répartition des espèces végétales, occupation du sol, etc... Au moment de l'enregistrement, un certain nombre d'autres paramètres interviennent : état de la mer, phase et hauteur de la marée principalement pour les régions littorales ; antécédents climatiques, état phénologique du tapis végétal, phase hydrologique, système de cultures, etc... dans les milieux continentaux*. Il importe donc d'envisager ces différents facteurs, qui contribuent à la signature spectrale des taxons, en mer puis sur le continent.

Les **conditions générales** concernant la Mer des Pertuis ont été largement exposées *supra (livre premier)*. Il s'agit d'une mer bordière, peu profonde, une «baie frisonne», où les courants de marée mobilisent une quantité importante de sédiments, plutôt vaseux sur la rive charentaise, davantage sableux sur la rive oléronnaise.

Les **conditions instantanées** concernent à la fois la marée et les estrans. Le 11 juillet 1973, la basse mer a eu lieu à 6 h 44 T.U. à la Rochelle et atteint 2,35 m CM ; la pleine mer à 13 h 18 T.U. avec 4,90 m CM ; cette marée de cœfficient 46 est voisine de la marée de morte eau moyenne (cœfficient 45). L'enregistrement Landsat a eu lieu à 10 h 24 mn T.U, soit 2 h 54 mn avant la pleine mer à La Rochelle. La *figure 232* a montré les situations de marée, les vitesses et directions des courants, d'après les publications du service Hydrographique et Océanographique de la Marine. On y observera que cette situation proche de la mi-marée, est responsable de courants assez forts atteignant 1 m/s et portant vers la baie de Brouage. Dans ces conditions, il est possible que le niveau instantané de l'eau sur l'estran charentais soit plus élevé que sur l'estran oléronais ; d'autre part, les eaux marines pénètrent dans l'estuaire de la Charente en refoulant les eaux douces et Landsat pourra détecter leur zone de contact.

Dans cette situation voisine de la mi-marée de morte-eau, l'estran découvert représente au plus la moitié supérieure de l'estran : sur le littoral charentais, les plages seront donc facilement identifiables : situées à la partie supérieure de l'estran, elles apparaissent d'autant plus sèches que la mer ne les a pas encore atteintes et que la situation de la marée, au début d'une période revif, fait que les plages situées au-dessus du niveau de la pleine mer du 11 juillet n'ont pas été couvertes au moins depuis le 8 au soir. L'estran découvert présente donc une partie haute sèche et sableuse, une partie moyenne vaseuse non recouverte par la marée précédente (cœfficient 44) et une partie basse recouverte par la marée de la nuit, mais égouttée depuis plus de six heures.

De ces considérations, découle le choix des canaux Landsat susceptibles de définir la signature multispectrale des unités ainsi déterminées : le canal 7 renseignera sur la limite instantanée de la nappe d'eau et sur les parties d'estran plus ou moins égouttées ; les canaux 4 ou 5 seront utiles pour individualiser les masses d'eau en mer (en fonction de leur transparence et / ou de l'influence du fond) ainsi que la zonation de l'estran. Le canal 6 pourrait être utilisé parallèlement au canal 7, mais la qualité de ses enregistrements est souvent médiocre.

Sur le continent, les conditions générales, aspects permanents du paysage ont été rappelées au début de ce chapitre ; il importe donc de rappeler les conditions instantanées, qui peuvent avoir modifié l'aspect du terrain lors des enregistrements Landsat. Il s'agit essentiellement des faits atmosphériques, climatiques et hydrologiques.

La situation météorologique est la suivante : à un champ de pression assez élevé courant juin succède une situation de marais barométrique avec fortes chaleurs du 1er au 4 juillet, des orages du 2 au 8 épars mais assez forts ; les hautes pressions se rétablissent ensuite. L'enregistrement a eu lieu par temps anticyclonique d'été ; ceci explique la rareté des nuages, alors que l'heure tardive est responsable de la quasi disparition des brumes matinales et brouillards. La *figure 247* montre, pour La Rochelle, les facteurs climatiques retenus comme susceptibles de participer à la vérité de terrain.

d) La légende graphique

Les taxons retenus sont figurés à l'aide de signes alphanumériques (lettres et signes), à l'aide de tracés d'enveloppes, isolant les surfaces couvertes par ces taxons, ou encore à l'aide de symboles graphiques comme ceux du programme FRAMOT, mis au point par

* Pour ces facteurs occasionnels et temporaires, R. GOGUEY (1966) a proposé le terme de «facteurs fugitifs».

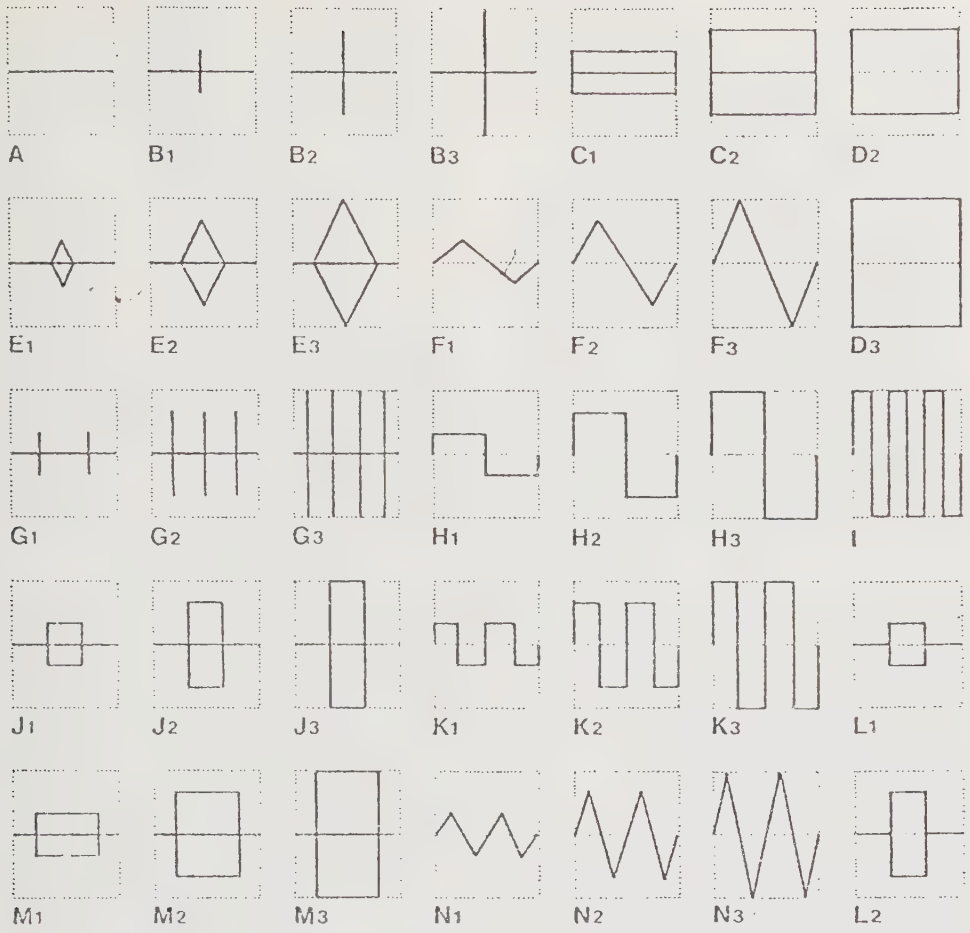


Figure 248 :
Graphismes du sous-programme Framot employés en cartographie automatique (Fralit)

l'équipe FRALIT *(figure 248 extraite de FRALIT, 1977).* L'intérêt principal de cette gamme graphique est sa rapidité de tracé, effectué en continu ; leur encombrement progressif (E-1 à E-3) permet de représenter des gradients dans un paysage alors que d'autres tracés (F et H ou K par exemple) sont adaptés à la représentation de paysages différents.

Ainsi, la méthode d'établissement des cartes infographiques à partir des données de satellites et de la connaissance des paysages provenant de l'étude géographique réalisée supra, permet-elle une représentation spatiale des unités de paysage enregistrées par télédétection. Cette méthode conduit à des résultats intéressants et pose différents problèmes que l'étude d'exemples précis permettra de mettre en évidence.

4 - Essai cartographique de la Mer des Pertuis *(figure 249)*

La mer des Pertuis appartient au prisme littoral. Les premières images Landsat ayant montré en mer des aspects du paysage par ailleurs inconnus, «plumes» ou panaches sédimentaires en particulier, un essai de cartographie automatique a été tenté dans cette région.

Les visualisations du canal 7 ont fait apparaître que la valeur 8 limitait au moment de l'enregistrement la nappe d'eau et les espaces que la marée montante n'avait pas encore recouverts. La zone en blanc ne correspond donc pas strictement aux îles et au continent tels que le montrent les cartes, mais à la limite de l'eau trois heures quarante avant une pleine mer de cœfficient 46 à l'île d'Aix. Ainsi, l'île Madame est-elle rattachée au continent par le tombolo de la Passe aux Bœufs (N. de SOUZA, 1974), au sud de l'estuaire de la Charente, et les rochers des Palles à l'ouest de l'île Madame ne sont-ils pas encore recouverts.

Les eaux péri-littorales, dont la limite est donnée par le canal 7 ont été individualisées grâce à leurs réflectances dans le canal 5. En effet, ce canal est très utile dans les régions littorales et bénéficie de moindres perturbations par les masses nuageuses que le canal 4 (H.G. GIERLOFF-EMDEN, 1976).

SPOONER (1969, p. 4 cité par P. OLIVON, 1975), estimait que les réponses spectrales étaient pratiquement constantes au-dessous de 40 cm. P. OLIVON (1975, p. 22) a défini le signal reçu par le satellite comme «une association concurrentielle de la radiance de l'atmosphère, de la réflectance de la surface, de la rétrodiffusion par différents constituants de l'eau de mer, de la réflectance du fond et du bruit de fond instrumental» ; on ne

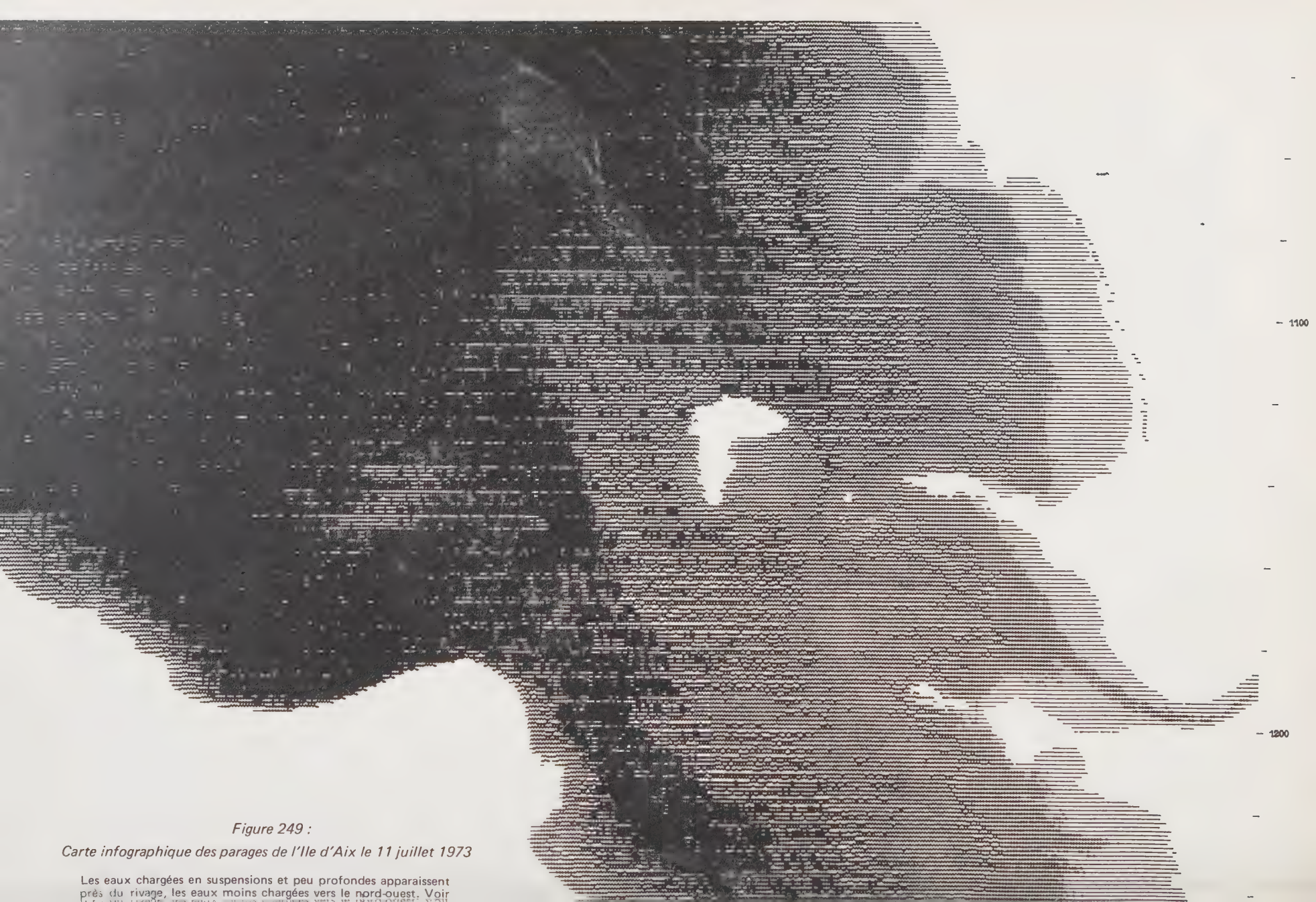


Figure 249 :

Carte infographique des parages de l'Ile d'Aix le 11 juillet 1973

Les eaux chargées en suspensions et peu profondes apparaissent près du rivage, les eaux moins chargées vers le nord-ouest. Voir

pourrait donc étudier le fond que dans les eaux claires et peu profondes, à l'écart des estuaires et des zones de forte productivité primaire, et à des latitudes suffisantes pour la pénétration de la lumière. La *figure 250* montre que pour les longueurs d'onde des capteurs de Landsat, la discrimination des facteurs «marins» est particulièrement malaisée, dans le canal 4 en particulier (ce schéma ne tient pas compte de la diffusion atmosphérique). Dans le canal 5 par contre, les sédiments en suspension et les fonds rocheux et vaseux ont la plus forte réflectance : c'est donc lui qui sera utilisé pour cette carte.

Dans les eaux péri-littorales, les fortes valeurs de luminance coïncident avec la mince pellicule d'eau qui vient de recouvrir les estrans. L'influence du fond sur la quantité d'énergie enregistrée semble probable jusque vers les valeurs 20 à 21 : la limite de la zone en traits ondulés correspondant à peu près à l'isobathe zéro, on

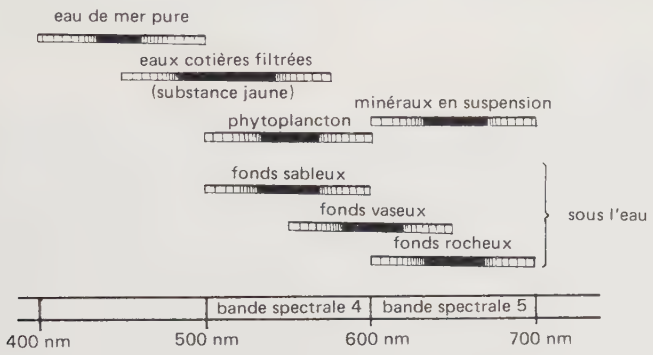


Figure 250 :

Bandes spectrales de réflexivité maximale de quelques facteurs des eaux littorales

pourrait estimer à 3 ou 5 mètres suivant les endroits la pénétration des radiations orangées dans les eaux du Pertuis d'Antioche. Cette estimation est évidemment très approximative, car la bathymétrie se reconnaît moins bien dans le Coureau d'Oléron qu'au nord de l'île d'Aix : de plus fortes teneurs en suspension en sont peut-être responsables.

Les eaux du large apparaissent en teintes foncées (forte absorption des radiations orangées). La comparaison de cette carte et des données tirées des publications du Service Hydrographique de la Marine montre que les courants au Sud-Ouest d'Oléron portent vers le Nord-Est et le Nord, directions dans lesquelles se déforme le panache d'eaux turbides que la marée descendante a développé à la sortie du Pertuis de Maumusson. Dans le Coureau d'Oléron, les eaux pénètrent par la rive oléronaise, entre Fort Boyard et les Saumonards. Enfin, en Baie de Ronce, des eaux «propres» pénètrent en longeant la presqu'île d'Arvert.

Cette carte confirme donc les observations effectuées tant par les hydrographes du siècle dernier que plus récemment par les chercheurs de l'Institut de Géologie du Bassin d'Aquitaine (M. TESSON, 1973 ; M. VIGNEAUX et *al,* 1975) quant à la dynamique marine. Elle montre aussi vraisemblablement les différences de profondeur des fonds au moment de l'enregistrement mais, sauf pour la limite des eaux, les courbes bathymétriques que l'on en tirerait ne peuvent être cotées. Ajoutons que la profondeur de pénétration dans les eaux littorales des différentes longueurs d'onde est très controversée : pour P.A. COLVOCORESSES (1976) elle atteindrait 22 m dans les eaux tropicales claires avec le canal 4 ; alors que pour Y.F. THOMAS (1978a) dans le canal 5, l'épaisseur de la tranche d'eau qui renvoie 90 % de l'énergie enregistrée serait de l'ordre de 2 à 5 m en moyenne pour les eaux turbides. En appliquant ces dernières observations, on peut observer que la réponse des seules eaux turbides de la Mer des Pertuis n'est guère nette que dans la partie centrale (lorsque la profondeur instantanée est inférieure à 2 - 3 m, la nature du fond intervient).

Cette carte a été réalisée sans sites-tests, en utilisant les classes de valeurs multispectrales déterminées dans la baie de Bourgneuf, près de Fromentine et dans la baie de l'Aiguillon (F. VERGER, G. JOLY, 1974 a) ; elle montre l'intérêt de cette méthode de cartographie automatique des données de télédétection, qui permet d'étudier un vaste ensemble de façon synoptique ; dans ce cas précis, il serait tout à fait impossible d'étudier en mer cette région, sauf à mettre à contribution toute une flottille de plaisanciers (V. KLEMAS et coll., 1973). Les conclusions que l'on peut tirer de cet essai restent assez limitées en raison de l'absence d'enregistrements simultanés, de «l'association concurrentielle» des réponses du fond, des éléments en suspension, de l'eau dans les valeurs spectrales enregistrées, perturbées par l'intervention de la transmission atmosphérique, etc...

La comparaison entre le traitement photographique assisté, réalisé sur le Color Data «ARISTIDE» de la Station d'Etudes en Baie de Somme *(figure 240)* montre la grande souplesse des deux procédés, dont, ici, les deux échelles sont complémentaires (1/650 000 et 1/50 000). La carte automatique apporte plus de précision dans la localisation exacte, les nuances entre les masses d'eaux ; le traitement ARISTIDE possède une moindre «résolution spatiale» mais peut fournir plus rapidement des documents à plus petite échelle.

En Mer des Pertuis, ce 11 juillet 1973, on constate que les eaux les plus claires correspondent aux chenaux de marée à fond sableux, plus profonds que les wadden sablo-vaseux et vaseux, mais on ne peut en l'absence de vérité de terrain simultanée, distinguer ce qui est dû à la réponse des eaux plus ou moins turbides et ce qui est dû à la réflexion sur le fond à proximité du rivage. **Ainsi apparaît d'emblée un intérêt, mais aussi une limite des données de télédétection : en l'absence d'une connaissance précise des lieux concernés (d'un catalogue de signatures spectrales), elles ne sont guère utiles à la géographie que pour souligner les lacunes de nos connaissances.**

Cet essai met donc en évidence la nécessité de sites-tests dont les paramètres structurels et fugitifs soient connus avec le maximum de précision. La réalisation d'une cartographie des paysages terrestres ainsi déterminés requiert aussi une pré-assistance taxonomique et géographique de façon à affiner la correspondance entre groupes de valeurs de luminance et paysages.

5 - Cartographie des Marais Charentais

a) Carte des marais de la Basse-Charente

Le programme FRALISIM permet d'obtenir une visualisation multispectrale des valeurs enregistrées pour chaque pixel, sur imprimante. La *figure 242* montre les réponses spectrales dans les canaux 4, 5, 7 , des paysages de la boucle de la Charente au Sud de Saint-Laurent.

On y observe que :

- les valeurs inférieures à 8 dans le canal 7 permettent de délimiter les surfaces en eau, dans lesquelles on pourrait distinguer des eaux chargées (valeurs entre 4 et 6) et des surfaces très mouillées, comme les slikkes (plus de 7 dans le canal 7 ; plus de 40 dans le canal 5).

- les surfaces couvertes par les marais se caractérisent par un ensemble assez vaste de valeurs, situées entre 27 et 37 (lettres R à 2) dans le canal 5, et de 20 à 27 dans le canal 7 (lettres K à R) dans le marais de Saint-Laurent ; les marais de la Pointe Sans Fin ont des valeurs plus faibles dans le canal 7 : JKLM, soit de 19 à 22.

- le schorre de la Pointe de la Parpagnole semble mieux réfléchir l'infrarouge (P à Y, soit de 25 à 34) et moins l'orangé (PQRS, soit de 25 à 28).

- le chantier routier s'individualise par des valeurs supérieures à 38 dans le canal 4 et à 40 dans le canal 5...

- la légende de la carte

Il est donc possible, à partir des visualisations FRALISIM, de reconnaître et d'identifier des paysages au sol ; on notera toutefois que la définition de ces paysages d'après leurs signatures multispectrales montre des distinctions entre les paysages de marais dont l'apparence est très voisine, au sol comme en photographies aériennes (marais à herbages). Certains pixels particuliers peuvent avoir la même signature multispectrale : deux pixels transcrits par YUL, par exemple, correspondent* l'un à des parcelles de prairie permanente avec un abreuvoir, l'autre partie à un pré, partie à un fossé couvert de roseaux et bordé de tamaris, partie à une route goudronnée. La *figure 251* montre la signature multispectrale des unités ainsi repérées : on observera que les signatures des marais et des schorres se recoupent, alors que les réponses des régions mouillées et du chantier se distinguent facilement. Afin de conserver une bonne lisibilité à la carte, il a été nécessaire de choisir des limites «rectangulaires» pour les signatures multispectrales.

La carte des marais de la Basse-Charente a donc été réalisée en utilisant les limites portées sur la *figure 252 ;* les paysages correspondant aux autres signatures multispectrales ont été laissés en blanc *(tableau 57).*

* Dans la mesure où leur position au sol peut être précisée.

La comparaison de cette *figure 252* et de la *figure 244* (paysages au sol) permet d'apprécier la pertinence de la cartographie infographique dont la légende est établie de façon «empirique».

La carte infographique montre quatre types de «mappons»* : la mer couverte par des hachures horizontales, les estrans découverts et non mouillés, les régions de marais identifiables à des plages continues de signes no 4 (rectangulaires), 5 (zigzags) ou 3 (carrés), les régions continentales enfin où les signes variés forment une remarquable mosaïque, soulignant à contrario l'homogénéité d'aspect des paysages de marais.

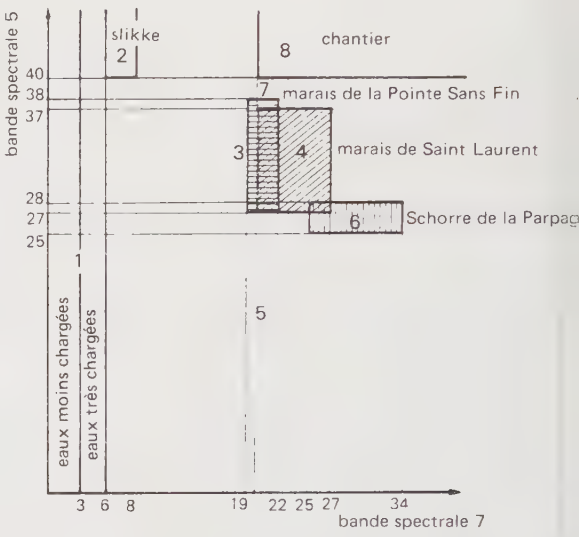


Figure 251 :

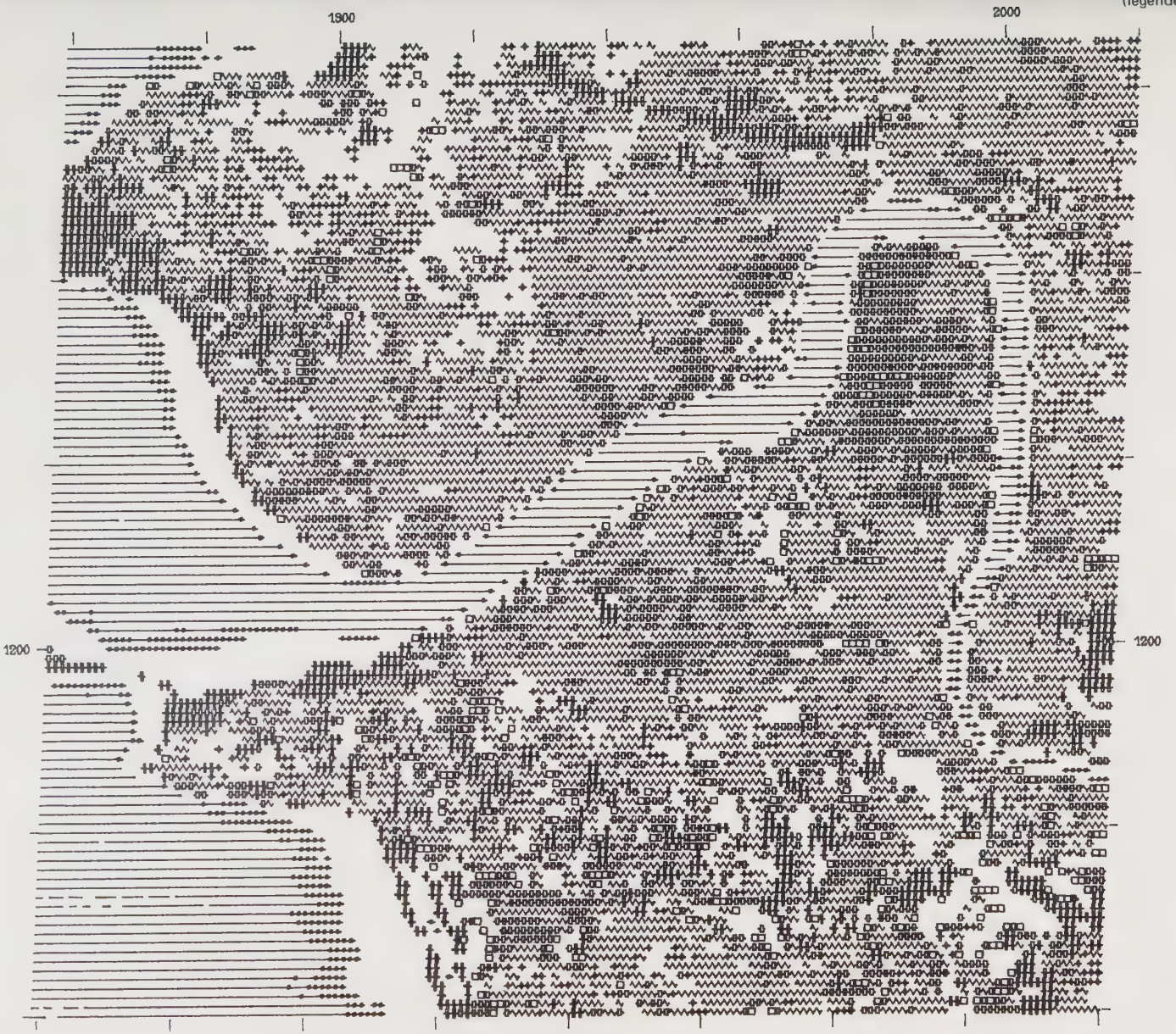
Signatures multispectrales des paysages (phénons) des marais de la Basse Charente

- pertinence de cette carte

Laissant de côté les aspects «continentaux» du paysage, on s'efforcera d'évaluer la pertinence des signatures multispectrales retenues sur les marais.

Trois signes ont été retenus pour identifier les paysages de marais. Le signe no 3 (carrés) n'apparaît guère qu'à la périphérie des marais et doit son originalité à la présence de digues et de fossés, c'est-à-dire à un plus fort pourcentage d'eau dans chaque tache élémentaire : on peut le considérer comme un pixel artificiel. Les signes 4 (rectangles) et 5 (zigzags) représentent deux faciès de marais inégalement répandus ; le faciès «Saint-Laurent» (5) correspond à des marais plats en herbages assez peu entretenus et relativement secs ; le faciès «Pointe Sans Fin» (4) correspond à des marais mieux entretenus (prairies artificielles, parfois, comme à l'ouest de la Pointe Sans Fin), ou plus humides en raison de la présence d'anciens chenaux de marée (près de la Parpagnole) ou de bassins d'anciens marais salants (Sud de Soumard, marais de Saint-Froult). Les signatures multispectrales permettent donc d'établir une distinction entre les paysages de marais plats ; mais celle-ci entraîne une confusion entre des paysages reconnus comme différents, les marais gâts et certains marais plats par exemple. L'humidité du sol - ou plus

* Unité cartographique, voir note page 370.



(légende géographique page 386, tableau 57)

Figure 252 :

Carte infographique des Marais de la Basse Charente

légende obtenue par pré-assistance géographique

Mappon n°	Canal 5	Canal 7	Paysage de référence (phénon)
1	1-128	3-6	eau libre
2	1-128	7-9	slikke mouillée
3	27- 37	19-19	marais de la Pointe Sans Fin
4	27- 37	20-22	marais de la Pointe Sans Fin et de Saint Laurent
5	27- 37	23-27	marais de Saint Laurent
6	25-26 27-28	25-34 27-34	schorre
7	40-128	20-128	chantier
8	40-128	20-128	autres paysages

Tableau 57 :

Légende de la carte infographique des marais de la Basse Charente (figure 252)

exactement la moindre sécheresse eu égard aux conditions climatiques de juillet 1973 - qui s'exprime par une faible différence dans l'intensité des rayonnements infrarouges : 20 à 22 et 23 à 27, en paraît responsable. Les signatures multispectrales incorporant les réponses du canal 7 sont donc très sensibles à l'humidité ; elles permettent de retrouver les faits principaux de la topographie.

Dans les marais de Monportail, au Nord de Saint Froult, la carte distingue les régions internes d'abord (signe 5) où se mêlent marais plats et marais gâts très anciens au tapis végétal assez uniforme de graminées piquetées de joncs ; les régions moyennes ensuite (signe 4) où des marais gâts plus récents ont parfois conservé un peu d'eau dans leurs bassins étroits, et dont une partie est en cours d'arasement (signe 3) ; la partie aval enfin ou l'on identifie les parcelles nivelées pour la culture du maïs, les claires en construction (en blanc) et la barrière littorale de sables, renforcée d'une digue (signe 7), comme le nouveau chemin d'exploitation. Dans tout ce marais, le blanc signale les zones en cours de rénovation par le nivellement, les labours, ou encore la culture du maïs qui, peu couvrante à cette période de l'année, laisse voir le sol.

Sur cette carte automatique, on peut donc identifier des aspects de paysage déjà connus au sol, grâce aux valeurs de rayonnement enregistrées, mais ces groupes de valeurs ne correspondent pas toujours aux catégories géographiques usuelles.

Ainsi, la confusion réalisée entre les marais plats et les marais gâts provient à la fois de la monotonie du tapis végétal (les graminées des bosses de marais gâts, qui sont les mêmes que celles des marais plats, couvrent la plus grande partie de chaque tache élémentaire), du caractère intégrateur de la tache élémentaire, ainsi que de la hauteur du Soleil, combinée à la faible dénivelée des bosses enfin, qui ne créent pas d'ombres portées.*

Les distinctions effectuées entre les phénons des marais de Monportail sont dues principalement au caractère de plus en plus ouvert du tapis végétal, depuis les marais plats aux grandes parcelles des parties internes jusqu'aux claires en construction où la végétation est pratiquement absente.*

Sur les schorres, les résultats de la cartographie sont beaucoup moins satisfaisants, en raison de la taille trop réduite de l'échantillon pris comme site-test (inférieur à 5 x 5 taches élémentaires). S'il est difficile d'identifier les espèces du schorre de la Parpagnole, on observera que leur multiplicité est à l'origine de l'aspect de mosaïque apparaissant sur la carte ; par contre sur les schorres de la Pointe Sans Fin, on distingue bien la rive ouest où, par suite du fauchage, Puccinellia maritima (signe 4) est favorisée aux dépens de formations plus variées (signe 3 ou 6) qui caractérisent l'étroite rive est. Enfin, en direction de Soubise, le développement de hauts schorres où croissent les joncs rappelle le paysage des marais voisins, occupés par des prairies mal entretenues.

Cette carte permet donc d'identifier les principaux paysages, en fonction surtout du tapis végétal et de l'humidité bien plus que les formes du relief mises en évidence. Ce caractère en quelque sorte «intégrateur» de nombreux paramètres du milieu naturel, dont l'un ou l'autre peut dominer selon les régions ou la tache élémentaire ne doit pas surprendre : l'interprétation des données de la télédétection révèle sans doute davantage des études intégrées et de l'analyse systémique (J. TRICART, 1976b, p. 83 ; 1978b) que de démarches strictement analytiques. Ce phénomène devrait apparaître encore mieux si l'on s'efforce de réduire par d'autres méthodes les mappons artificiels ou les confusions que ce premier essai comporte.

b) Cartes des marais d'Yves (ou de Voutron)

La carte *figure 253* (R. REGRAIN, 1976 b, p. 18) a été établie en utilisant la même méthode. Les sites-tests ont été choisis dans les régions homogènes d'aspect, et l'on s'est efforcé de retenir les valeurs les plus fréquentes d'une série de 25 pixels. Plusieurs essais ont permis d'établir la légende multispectrale suivante *(tableau 58).*

La comparaison de cette carte et du calque de repérage *(figure 265, p. 405)* montre que les paysages de marais, en vert se distinguent assez bien des autres paysages marins ; la barrière littorale (cordon littoral urbanisé de Chatelaillon, côte à chênieres du Marouillet), les anciennes îles (Angoute au Sud de Chatelaillon, Voutron et Agère à l'est, Saint Laurent au Sud) et la bordure continentale présentent des paysages beaucoup moins homogènes.

* Peut-être la contribution de chacun des éléments du paysage, exprimée en quantité d'énergie enregistrée, est-elle en rapport avec la répartition de l'eau, du végétal et du sol nu (minéral) dans chacun de ces paysages ?

La carte en couleurs est à prendre dans la pochette à la fin du volume.

Figure 253 :

Carte infographique des Marais d'Yves

Carte parue dans «Photo Interprétation» 1976/5, et reproduite grâce à l'aimable autorisation des Editions Technip.

Trois types de paysages ont été distingués dans les marais d'Yves, en fonction de leurs réponses dans les canaux 7 et 5. Les limites ainsi mises en évidence ne correspondent pas à la répartition des marais gâts et des marais plats établie précédemment *(figure 114)* ; les liaisons avec les anciens chenaux de marée *(figure 115)* ne sont pas non plus évidentes.

Au sud-est, le signe 9 correspond au tracé du canal de Charras et du canal des Frênes, encadrant le marais de Fouras. Mais ce signe recouvre une surface supérieure à celle du canal, même accompagné de ses rigoles et de la double haie de bordure. Cette zone de 150 à 200 mètres de largeur correspond à un secteur plus humide en raison de la présence du canal comme le montre le cliché France S.O. 1945 no 011.8080-2-1 *(figure 254)*. Au sud de Voutron, comme au nord-est du marais de Fouras, ce secteur reste très humide et, en année normale, l'eau y affleure même en saison sèche (Juillet 1975) : ce canal reprend en effet en partie

N°	canal 7	canal 5	paysage affecté
1	1-17	1.26	eaux du Pertuis
2	1-17	27.33	eaux très chargées
3	1-17	34.40	eaux chargées
4	1-17	41.128	bancs découverts
5	18-23	27.128	sables, villes, cultures
6	24-26 24-128 31-128	35.128 36.128 31.35	
7	24-27 28-30	27.35 31.35	marais
8	28-128	24.30	marais
9	28-128 18-27	1.23 1.26	marais

Tableau 58

Légende de la carte infographique des marais d'Yves

le tracé du «chenal de la Suze» identifié ci-dessus *(figure 115)*. Le gradient mis en évidence par cartographie des données de télédétection est lié à une plus ou moins grande humidité des sols. Ainsi les marais situés en bordure même du continent sont-ils plus humides à proximité du canal de Mouillepieds que les parcelles voisines.

Au nord de Voutron, les signes 9 correspondent en partie à des taillis de saules et d'aulnes, près de la Fondelay (bordure nord, col. 1950) ; il en est de même entre l'ancienne île d'Angoute et le continent : l'humidité enregistrée comporte donc vraisemblablement une partie de l'évapotranspiration due aux arbres. Par contre près des Fontaines comme en arrière de Chatelaillon, la plus forte humidité relative provient du sol, qui conserve mieux qu'ailleurs le peu d'humidité disponible. Du nord d'Agère en direction du nord d'Yves, s'esquisse une traînée de marais un peu plus humides. Est-ce l'effet d'une déficience locale du drainage ? Sur les photographies aériennes de 1945, les bassins de marais gâts au sud-ouest de Voutron semblent plus profonds, plus humides que le reste du marais ; au nord et l'ouest d'Agère dominent des marais plats aux parcelles assez menues : la plus grande fréquence des surfaces en eau dans chaque pixel suffit à singulariser cette région*.

Les distinctions que permet de faire la cartographie automatique des données de télédétection sont donc très riches car elles reposent sur l'intégration de toute une série de paramètres dont l'identification nécessite une connaissance à la fois globale et détaillée du milieu.

*Non seulement les paysages au sol peuvent être identifiés mais encore des aspects mal connus du paysage des marais peuvent être mis en évidence, par le biais de l'humidité résiduelle : traces d'anciens chenaux de marée repris par les canaux de drainage, fréquences différentes des surfaces en eau. Des nuances plus ténues s'individualisent parfois, comme la plus grande humidité de la périphérie du marais près de l'Aunis, par l'intermédiaire du tapis végétal. On conçoit dès lors que la marge est étroite entre un phénomène aux manifestations discrètes ou compensées par un facteur antagoniste d'une part, et une signature multispectrale mal assurée : un groupement défectueux des valeurs de rayonnement peut aussi bien conduire à la découverte d'apparences jusqu'alors mal connues, qu'entraîner à des confusions *.**

Bien connaître «au sol», par exemple de la façon synthétique à laquelle conduit obligatoirement la démarche globalisante de la Géographie française, est donc nécessaire pour analyser les données de télédétection par satellite.

Il subsiste néanmoins, au sud-ouest de Voutron par exemple, des régions où les unités établies à partir des données de télédétection et les paysages connus au sol, ou, si l'on préfère, les mappons et les phénons, forment deux ensembles qui ne se recouvrent qu'imparfaitement. Il importe de rechercher si une meilleure définition des signatures multispectrales, utilisant par exemple des méthodes statistiques ne pourrait pas permettre d'obtenir une meilleure cartographie.

* Ce tracé reprend la zone de bri plus noir du profil Voutron - La Perrière (figure 170), pour l'explication de laquelle l'existence d'un très ancien chenal des Prés Fourgons antérieure à l'installation des salines avait été suggérée.

** Ces considérations justifient l'exposé méthodologique de ce chapitre, et la nécessité d'une comparaison entre les mappons et les unités au sol ou phénons dont la réalité est connue sur le terrain.

Figure 254 :

Les marais de Voutron en 1945 (cliché IGN)

On notera le tracé très net du chenal du Dauphin, les zones de marais gâts plus humides au nord et au sud-ouest de l'Ile de Voutron, le tracé du littoral et les formes sur l'estran

(le Nord est en haut)

II - PERTINENCE DES LÉGENDES MULTISPECTRALES INSTANTANÉES

L'ensemble des légendes des cartes infographiques présentées ci-dessus ont été réalisées suivant le mode supervisé, en utilisant la préassistance à la fois taxonomique (choix des légendes multispectrales en fonction de l'existence d'unités de paysages connus) et géographique (répartition de ces mêmes unités). La phase cruciale est évidemment le **choix des groupes de valeurs de luminance** *susceptibles de définir une signature multispectrale : les différentes cartes ont montré que les paysages au sol étaient rarement définis de façon exclusive par les signatures spectrales lors des enregistrements Landsat. De façon à limiter autant que faire se peut la subjectivité dans ces déterminations, il est possible de faire appel à des méthodes de pré-assistance spectrale (étude statistique des signatures spectrales dans une zone déterminée) ou géographique en utilisant les profils de valeurs ou le lissage.*

Par des procédés associant le mode supervisé (choix de sites-témoin) et des méthodes non supervisées (statistiques) on peut espérer obtenir des légendes plus automatisées, faisant une place plus réduite à l'interprétation personnelle. Un pas serait ainsi franchi en direction de la cartographie entièrement automatique, ou en direction d'une autre classification des paysages terrestres, une «néotaxonomie».

1 - Assistance par histogrammes

L'hypothèse la plus vraisemblable, pour rendre compte de la distorsion entre les unités définies par leur signature multispectrale (mappons) et les unités géographiques (phénons) est que les limites des groupes de signatures ne sont pas pertinentes : on atteint ainsi une limite de la méthode empirique utilisée jusqu'alors. Plutôt que de recommencer n fois la cartographie dans le but de définir de façon plus stricte le paysage de marais, on peut faire appel à des méthodes statistiques. L'histogramme des valeurs de réflectance permettra ainsi une meilleure définition spectrale des paysages des Marais Charentais.

a) Méthode

Dans un espace délimité par les numéros des lignes et des colonnes, le programme FRAHIST classe automatiquement les valeurs enregistrées et en établit soit une série d'histogrammes, canal par canal, soit un tableau de fréquence des valeurs pour deux canaux ; ce procédé détruit donc la structure spatiale des informations qui était conservée par les visualisations FRALISIM. Le traitement statistique peut néanmoins aider à l'interprétation à condition que la zone d'échantillonnage soit homogène. Il s'agit d'un procédé de traitement de données multispectrales à pré-assistance à la fois géographique et spectrale.

b) Les zones d'expérimentation

Deux zones d'expérimentation ont été retenues : dans les marais de la basse Charente où l'histogramme a été établi manuellement, dans le marais de Brouage où les histogrammes ont été obtenus automatiquement.

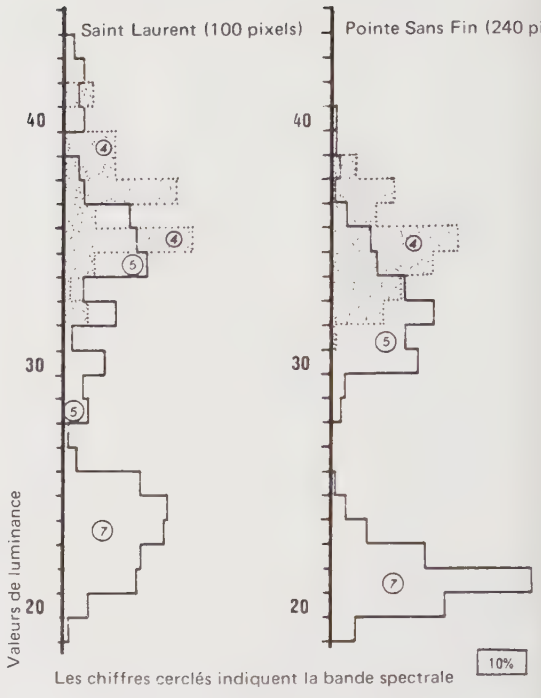
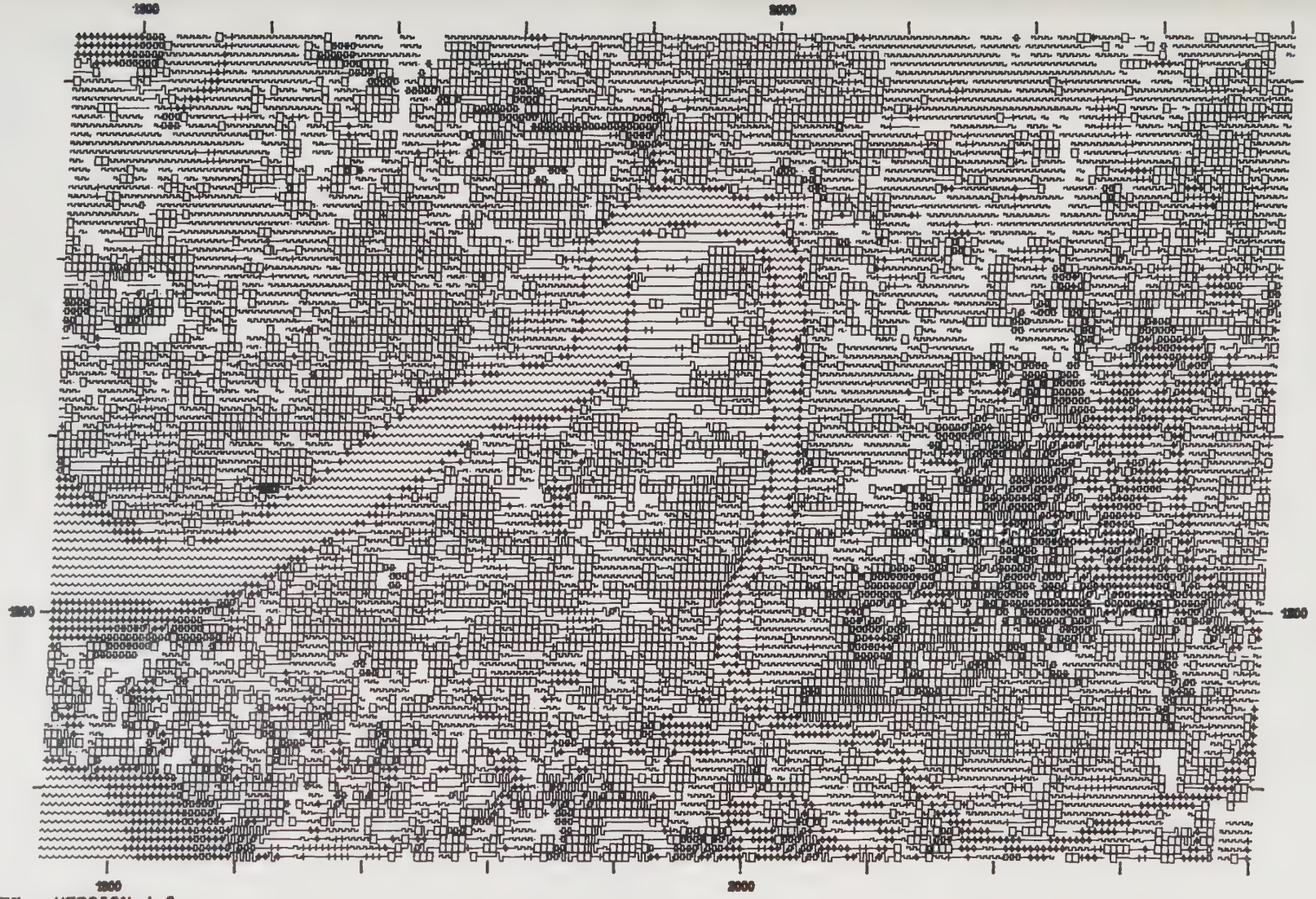


Figure 255 :
Histogramme des luminances dans les marais à herbages de l'estuaire de la Charente

- les marais de la Basse Charente

Dans les marais à l'aval de Rochefort, deux sites tests ont été retenus : près des Penardes et de la Pointe Sans Fin, les relevés FRALISIM ayant montré des réponses différentes des paysages de marais. La *figure 255* montre que les réponses des canaux 4 et 5 sont assez voisines mais que l'histogramme du canal 7 s'individualise bien sur les deux marais de rive droite (Saint Laurent) et de rive gauche. La réponse spectrale modale est de 22 au sud, 24-25 au nord où l'histogramme du canal 7 est plus massif ; ceci peut provenir de la plus grande variété de l'occupation du sol, parcelles plus étroites dont les fossés nombreux et mal entretenus affectent davantage de pixels, prairies permanentes moins bien entretenues qu'au sud. Les histogrammes du canal 5 sont, dans l'ensemble, plurimodaux, avec un mode à 31 dans les marais de la Pointe Sans Fin, à un niveau où le marais de Saint Laurent présente des fréquences plus faibles. La différence d'aspect entre ces deux marais se confirme donc quelle que soit la méthode employée : l'expression cartographique et la prise en compte des conditions de l'enregistrement devraient permettre d'expliquer ce phénomène.

Grâce à ces histogrammes, on peut donc déterminer les valeurs de réflectance les plus fréquentes dans les marais : dans le canal 7, entre 20 et 23 s'insèrent 90,4 % des pixels de marais de la Pointe Sans Fin et 95 % des pixels des marais de Saint Laurent ont des réponses comprises entre 20 et 25 ; dans le canal 5, plus de 90 % des réflectances sont comprises entre 30 et 36 au sud de la Charente, et entre 29 et 41 au nord. Ces chiffres suggèrent donc que le paysage typique de marais, défini par sa signature spectrale la plus fréquente est plus proche du paysage de la Pointe Sans Fin : les



FRACARTE - VERSION 1.0
(1353.1024)11 JUIL 1973
LIGNES 1135 A 1228 /1
COLONNES 1890 A 2080 /1
ECHELLE: 1/ 50 000

Figure 256 :

Carte infographique de la Basse Charente obtenue par pré-assistance taxonomique

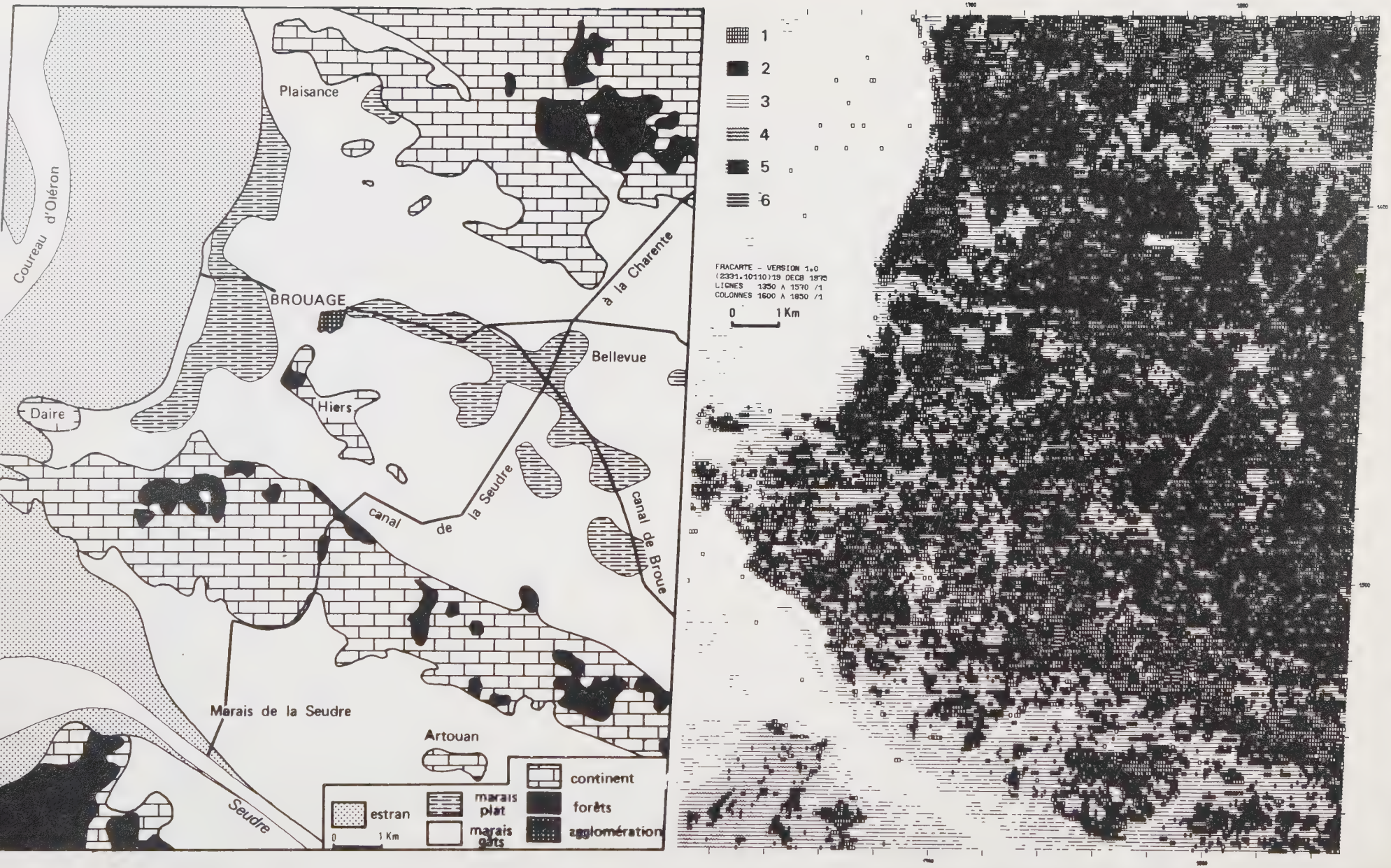

Coureau d'Oléron
Plaisance
BROUAGE
à la Charente
Bellevue
Hiers
Daire
canal de la Seudre
canal de Broue
Marais de la Seudre
Artouan
Seudre
estran
0 1 Km
marais plat
marais gâts
continent
forêts
agglomération
1
2
3
4
5
6
FRACARTE - VERSION 1.0
(2331.10110)19 DEC8 1978
LIGNES 1350 A 1570 /1
COLONNES 1600 A 1850 /1
0 1 Km

Figure 258

réflectances qui le caractérisent sont de l'ordre de 20 à 23 pour le canal 7 et de 30 à 36 pour le canal 5. Dans le même cadre que précédemment, la *figure 256* montre les mappons qui obéissent à cette définition.

- le marais de Brouage
le 19 décembre 1975 *(figure 258)*

Entre Moëze au nord et la Tremblade au sud, sur 77571 taches élémentaires, les histogrammes des valeurs de luminance des bandes spectrales 5 et 7 portés sur la *figure 257* montrent un histogramme unimodal dans le canal 5 et bimodal dans le canal 7 : ainsi s'oppose le Coureau d'Oléron (valeurs inférieures à 4-5, et les marais, dont les faibles réflectances sont dues à la période humide qui a précédé l'enregistrement(infra, p.414)

Sur la carte infographique *(figure 258)* les zones marines ont été laissées en blanc, à l'exception de quelques hauts fonds affleurants comme la partie moyenne du platin de Brouage et les bancs de l'estuaire de la Seudre. Les paysages continentaux s'ordonnent en quatre bandes ouest-nord-ouest/est-sud-est, du nord au sud :

- une bande très hétérogène (signes 1, 3, 2, 5, 6) correspond aux terres labourées humides de la presqu'île de Port des Barques, près de Beaugeay et de Moëze (signe 3).

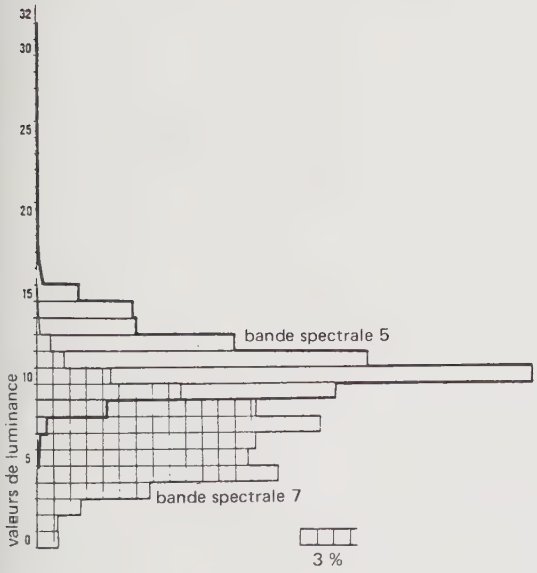


Figure 257 :

Luminances de 77571 pixels du Marais de Brouage le 19 décembre 1975

- une bande homogène de signe 2, interrompue çà et là par des zones labourées et plus humides à l'ouest (Les Tannes) ou plus humides près de Bellevue au centre de la carte. (Quelques mappons artificiels assez isolés (de signe 1) apparaissent çà et là : leur disposition trahit une déficience des capteurs (lignage). Cette bande est limitée au sud par le Havre de Brouage, que l'on suit jusque vers Bellevue et à l'ouest par le canal de la Seudre à la Charente (ligne nord-est / sud-ouest de signe 1).

- une zone hétérogène de signes 2, 3 et 1, à l'ouest du canal de la Seudre à la Charente. Il s'agit de marais gâts diversement entretenus autour de l'île d'Hiers, et au sud-ouest de Brouage, voire des claires de substitution dans d'anciens marais gâts.

- une seconde bande très hétérogène, mais où les signes 1 et 2 sont à peu près aussi nombreux, identifie la presqu'île de Marennes.

- une dernière bande, encadrant la Seudre, correspond aux claires à huîtres en eau* interrompues par des zones de marais plats, réfléchissant davantage d'infrarouge. En dehors des zones continues de claires en eau de la Seudre, et des zones de prairies herbeuses également continues de la seconde bande (région sud de Moëze et environs de Bellevue), des signes identiques isolés recouvrent des paysages différents, (signes 1 et 6 en particulier).

La pré-assistance spectrale permet donc de reconnaître les grandes unités spatiales de paysage, mieux qu'à partir d'une légende établie de façon empirique. Dans le Marais de Brouage, les zones homogènes de marais gâts au nord et à l'est, les zones très hétérogènes du sud-ouest se distinguent rapidement ; les zones en cours de rénovation au nord-ouest du Havre, ou les belles prairies des environs de Bellevue sont par contre confondues avec le canal de la Seudre à la Charente et les zones humides des platins de la Torse. Cette confusion apparente est due aux conditions climatiques ; en cette période assez humide, les berges forestées et défeuillées des larges canaux répondent de la même façon dans l'orangé et l'infrarouge que les labours, car ils se caractérisent par l'absence de végétation verte et l'humidité du sol ; les zones de claires ont des réponses très proches dans l'infrarouge.

Cet essai montre donc que les paysages continentaux et les paysages des marais présentent, en hiver, de très nombreux points communs ; il est difficile de les distinguer par une cartographie multispectrale instantanée. Ceci est général lorsque les histogrammes sont peu étalés (figure 257) : dans ces conditions, les convergences entre les réponses de différents éléments de paysage constituent le phénomène essentiel. Dans le marais de Muron par exemple, où plus de 80 % des valeurs de luminance dans le canal 7 sont égales à 9 ou 10 et plus de 60 % des valeurs de luminance dans le canal 5 comprises entre 6 et 9, il est pratiquement impossible de distinguer le marais des terrains environnants. Les conditions climatiques et la faiblesse de l'activité chlorophyllienne jouent un rôle essentiel dans cette confusion.

La cartographie automatique avec préassistance taxonomique n'est donc pas capable, sur ce cas particulier - de distinguer les éléments de paysage avec la netteté souhaitable : c'est peut-être parce qu'elle détruit la structure spatiale des éléments de paysage ? Par contre, les confusions - au regard de taxonomies préétablies - sont peut-être assez riches : zones plus ou moins couvertes de végétation (G.A. MAY, G.N. PETERSEN, 1975 ; M.A. MULDERS, 1977), zones plus ou moins humides, etc... Ainsi s'esquisse une néotaxonomie.

Il importe donc de vérifier si des méthodes d'établissement de légendes multispectrales ne détruisant pas la structure spatiale des paysages pourraient réduire ces confusions.

* Décembre est la pleine période d'expédition des huîtres.

2 - Assistance par profils de réflectance

La carte réalisée avec pré-assistance spectrale par histogrammes montre que certains paysages ne sont pas définis de façon satisfaisante par les valeurs les plus fréquentes des signatures multispectrales. Supposant que cela provient au moins en partie du fait que le traitement statistique de données individuelles ne tient aucun compte de la structure spatiale des données, on a tenté un processus d'assistance par profil de valeurs.

Les profils de valeurs, le long de lignes ou de colonnes d'enregistrement peuvent être réalisés à l'aide d'un micro-densitomètre à partir des images (R. REGRAIN, F. VERGER, 1976, pp. 26-32) ou à partir des données numériques (Equipe FRALIT, 1977 p. 89). Le programme PROFIL* fournit la représentation graphique d'une suite de valeurs contiguës, suivant une ligne ou une colonne d'une image Landsat. Le document de sortie peut être une liste obtenue sur imprimante ou un profil obtenu sur table traçante. Ce type d'assistance ne peut être utilisé que si les 6 capteurs opérant simultanément fonctionnent de façon satisfaisante ; dans le cas contraire, il est possible d'homogénéiser les données de l'enregistrement défaillant : cette opération n'est pas nécessaire avec les données du 11 juillet 1973. Par contre, des valeurs aberrantes dans le canal 6 ne permettent pas d'utiliser cette bande spectrale pour localiser les éléments de paysage.

Le problème principal est de fixer l'origine du profil à établir. Sur les listes du canal 7 des régions littorales ceci est plus facile que sur les images. La prise en compte de points singuliers (rivières, canal, surfaces en eau, bosquet, chantier isolé, etc...) à inclure dans le profil, conduit à un meilleur positionnement des paysages intermédiaires.

Plusieurs profils ont été réalisés dans les marais d'Yves et de Brouage : un profil sur une colonne tout d'abord pour déceler une éventuelle insuffisance au niveau d'un capteur, des profils sur des lignes correspondant à des «bandes» de balayage différentes *(figure 224, supra)*. On retiendra le profil tracé entre Bellevue (centre du Marais de Brouage) et Mornac sur Seudre.

La *figure 259* montre d'une part les profils bruts tels qu'ils ont été obtenus sur table traçante et contrôlés à partir des listes dans les secteurs où les superpositions de courbes pouvaient conduire à des confusions (A). Dans la partie (C) on a procédé à un lissage graphique de ces profils pour en faire apparaître les principaux segments. En B, un schéma des éléments de réalité de terrain, à une échelle voisine de 1/80 000 a été esquissé. Effectué dans le sens de la progression du satellite (colonne 2082), ce profil montre les valeurs enregistrées dans les canaux 4, 5, 7, les valeurs du canal 6 étant aberrantes. On peut y faire les observations suivantes :

- les valeurs des canaux 4 et 5 sont très proches et permettent d'opposer deux situations spectrales caractérisées, la première par de faibles variations d'un pixel à l'autre (segments AB et CF), la seconde par des variations importantes (segments BC et FG) : les faibles amplitudes correspondant aux paysages de marais gâts, les fortes amplitudes correspondant aux paysages continentaux. Ceci est le reflet direct des caractères de l'occupation du sol, prairies permanentes ici, cultures et forêts là, aspect que les photographies aériennes sensibles dans ces mêmes longueurs d'ondes avaient déjà permis d'observer. Ceci suggère deux remarques : d'une part l'aspect des paysages enregistré par les capteurs est influencé principalement par la végétation comme il est classique dans les régions terrestres (P.A. REY, 1974), sur les images de télédétection comme sur les photographies aériennes (F. BRUN, A. FONTANEL, C. LALLEMAND, G. LEGENDRE, J.C. RIVEREAU, G. THOMAS, 1974, p. 315) ; dans ces circonstances, l'interprétation géomorphologique ne peut être qu'indirecte. D'autre part les réponses voisines de ces deux canaux indiquent qu'aucune brume - qui apparaîtrait dans le canal 4 - ne perturbe les signatures spectrales. La faible ampleur des variations entre valeurs voisines indique que toute limite de signature spectrale (même assistée par histogramme), risque de faire apparaître des «mappons artificiels», dont la signification géographique restera ambiguë.

- le canal 7 présente une courbe peu heurtée dans les marais gâts, davantage sur les parties continentales. Sa courbe devient plus originale dans le bassin de la Seudre où un véritable **gradient** correspondant à la répartition des surfaces en eau de part et d'autre du cours de la Seudre (E) peut être mis en évidence. Dominantes dans les claires en position frontale et à proximité des chenaux de marée où les slikkes humides absorbent l'infrarouge (valeurs inférieures à 10), les surfaces en eau sont de moins en moins importantes au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la Seudre vers le Nord : les valeurs de luminance enregistrées passent de 10 à 15 ou 16 . Les marais gâts sans surface en eau atteignant des valeurs supérieures à 17 - 18, comme dans la prise de la Pointe de Pélard près de la Seudre (D), et dans le marais de Brouage.

Par ailleurs, des profils ouest-est, entre le Château d'Oléron et Saint-Agnant, entre la Pointe de Manson et Saint Symphorien ont permis de confirmer les caractéristiques des paysages apparaissant sur le profil de Bellevue à Mornac et d'opposer trois types de situation :

- les paysages à faibles variations latérales de valeurs de luminance, comme les eaux «pures», les régions de prairies, les forêts, les marais gâts : l'ampleur des variations est de l'ordre de 2 à 5 degrés de luminance, le 11 juillet 1973.
- les paysages à fortes variations latérales continues comme les régions associant bois, prés, cultures maraîchères, céréales, etc... : plateaux saintongeais et de leurs prolongements dans les presqu'îles et les îles.
- les paysages présentant une variation latérale continue orientée, une sorte de gradient, ce gradient s'exprimant dans une seule bande spectrale comme les claires à huîtres de la Seudre dans le canal 7 et les prés au nord de la presqu'île de Marennes ou dans plusieurs bandes spectrales, comme les prairies des environs de Bellevue où la luminance dans l'orangé - rouge (canal 5) décroît quand la radiance dans l'infrarouge croît (canal 7).

Les légendes multispectrales établies à partir d'ensembles de valeurs de luminance aux bornes fixées *ne varietur* sont particulièrement bien adaptées au premier type de paysages ; dans les paysages de second type (profil très heurté), ils font apparaître des unités cartographiques («mappons») dont les limites spectrales sont quelconques ; enfin dans les paysages du troisième type, ils tranforment une variation continue, un «continuum de paysage», en une série de discontinuités **.

* Mis au point par Y.F. THOMAS et M. POISSON

** Mis à part son caractère multispectral, ce procédé est assez proche du procédé photographique des équidensités.

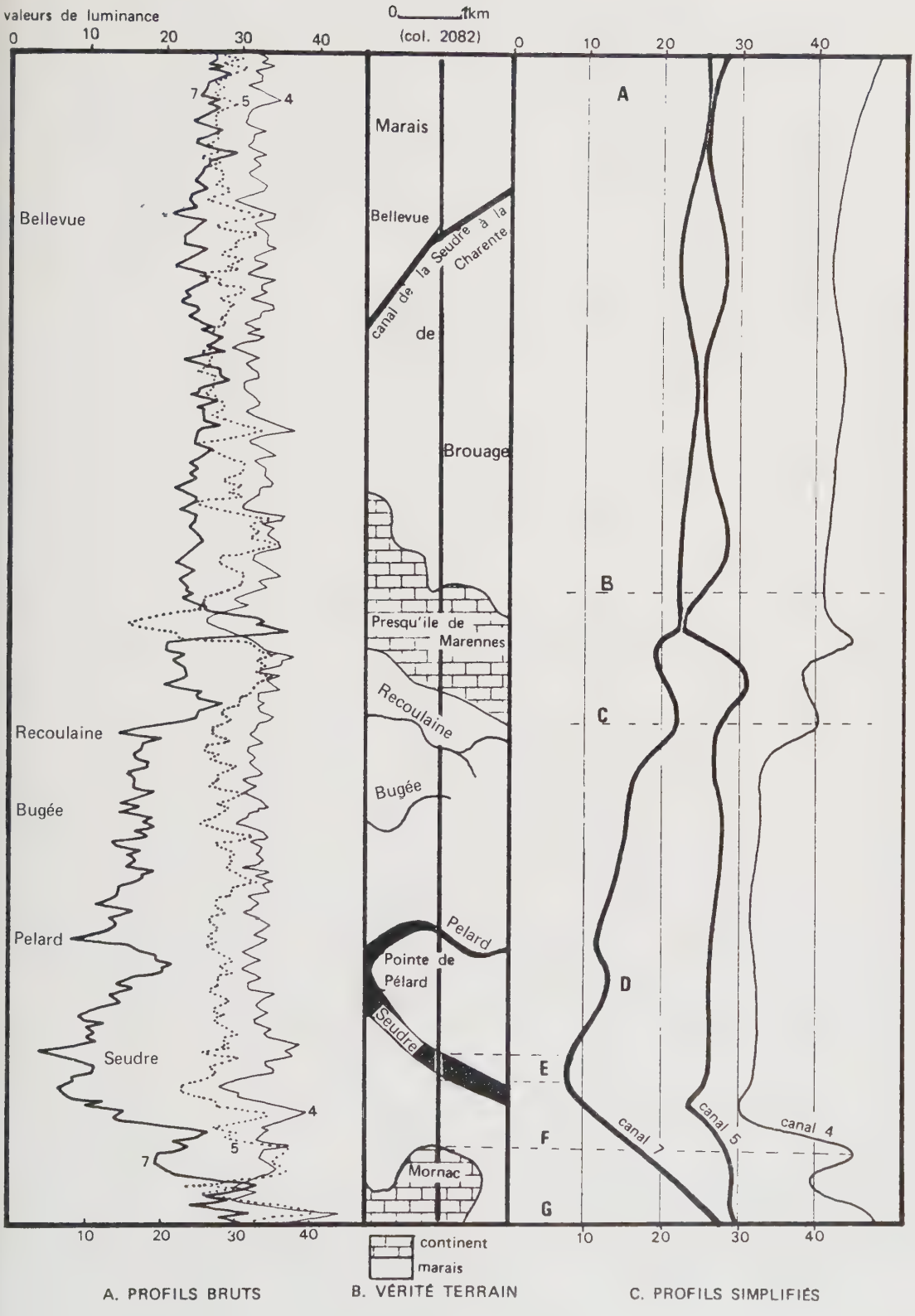


Figure 259 :

Profils de luminance et «vérité de terrain» le 11juillet 1973 entre Bellevue et Mornac

Si la prise en compte des profils de réflectance ne permet pas encore de réaliser une cartographie en améliorant la légende, elle constitue néanmoins un outil précieux d'assistance géographique et pour le commentaire de la carte obtenue par d'autres procédés. Il faut d'ailleurs espérer que le progrès des recherches permettra de définir automatiquement et de reconnaître les gradients, caractéristiques des paysages du troisième type, ou d'optimiser les processus de segmentation là où les transects montrent des variations continues de luminances des paysages.

La pertinence des légendes des cartes infographiques peut aussi être testée au moyen du lissage, procédé de traitement s'efforçant de supprimer les «mappons artificiels» créés par exemple par des réflectances différentes attribuées accidentellement à des pixels contigus.

3 - Pré-assistance géographique et lissage : région de Marennes

Les paysages de la région de Marennes constituent un résumé des paysages des Marais Charentais : marais plats, marais gâts à herbages de Brouage et de la Seudre, marais à poissons dans les anciens marais salants, claires de substitution et claires frontales se partagent les régions basses ; alors que les terres hautes calcaires sont couvertes de vignes, cultures et forêts de chênes verts, le massif dunaire de la presqu'île d'Arvert est couvert de résineux largement dominants et de quelques feuillus (R. REGRAIN, 1978 c). Grâce à des sites-témoin situés dans les marais de Brouage, de la Seudre et la forêt d'Arvert, on a établi la légende de la carte de la région de Marennes.

a) La carte de la région de Marennes (figure 260)

Réalisée par pré-assistance géographique, cette carte montre de façon acceptable la limite des surfaces en eau (ligne de rivage instantanée et claires recouvertes d'eau) grâce au masque constitué par les valeurs inférieures à 9 dans le canal 7. On peut ainsi porter l'attention sur les paysages continentaux.

Le marais de Brouage se distingue des terres environnantes par de plus faibles valeurs dans le canal 7 (influence de la sécheresse) et des valeurs supérieures à 25 dans le canal 5 soulignant la bonne qualité de ses pâturages. Les régions cultivées de l'île de Malaigre, s'individualisent bien par leurs fortes réflectances, mais l'île d'Hiers où les prairies et les forêts sont fréquentes est assez mal mise en évidence. Par contre, deux aspects particuliers du marais apparaissent, présentant soit de plus faibles réflectances dans le canal 5 (signe 3) soit de plus fortes réflectances (signe 6).

Pour beaucoup de signes isolés, il est vraisemblable qu'il s'agit de variations aléatoires du signal enregistré, liées au fonctionnement des appareils d'enregistrement. Pourtant le fait que des signes 3 suivent le canal de la Seudre à la Charente, se regroupent dans le secteur de Bellevue et dans la prise des Tannes, en bordure nord de la carte n'est pas le fait du hasard. Près de Bellevue, il s'agit de marais plats, à tapis herbacé plus homogène, dans une région relativement déprimée et où l'alimentation en eau est toujours bien assurée : en juillet 1973, les prairies étaient donc de belle venue ; dans la prise des Tannes, les surfaces en eau couvertes de roseaux (marais gâts) sont responsables des faibles valeurs dans le canal 7 et se classent ainsi dans la même catégorie que les prairies humides de Bellevue. Les faibles valeurs enregistrées dans le canal 7 permettent aussi de ranger la bande de paysages du canal de la Seudre à la Charente dans la même catégorie. Les mêmes raisons peuvent rendre compte de la grande fréquence des taches noires dans les régions les plus humides proches de l'île d'Hiers ou de la bordure nord de la presqu'île de Marennes. Par contre, les régions mieux drainées ou cultivées de façon plus «rationnelle» à l'ouest de Brouage s'individualisent facilement.

Sur les seuls paysages du Marais de Brouage, une cartographie avec pré-assistance géographique permet donc d'établir une distinction entre les marais selon leur humidité. Ce critère ne recoupe pas exactement les distinctions établies entre marais plats et marais gâts, et se trouve, à l'intérieur de chaque tache élémentaire d'enregistrement, interprété, biaisé par le comportement du tapis végétal.

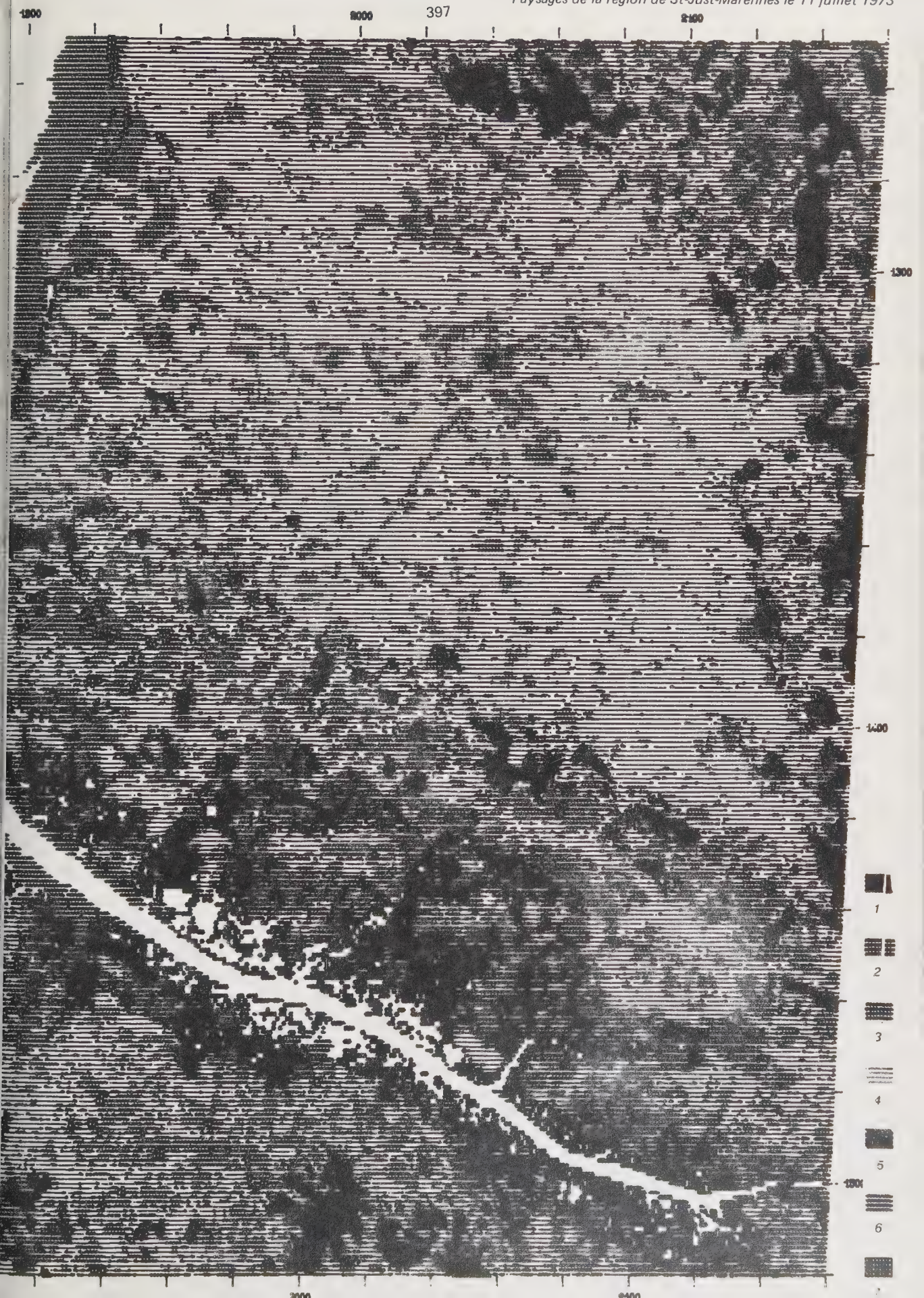
Dans les paysages des marais de la Seudre, la cartographie infographique permet de retrouver les types de paysage principaux. Les rares marais gâts abandonnés aux prairies permanentes s'individualisent au Sud-Est de Marennes et près de l'île de Souhe (signe 4). L'essentiel du paysage est couvert par les signes 3 et 4 représentant les anciens marais salants dont les bassins sont remplis d'eau, utilisés comme marais à poissons ou réaménagés partiellement en claires à huîtres : c'est le rapport entre la surface en herbe et la surface en eau dans chaque pixel qui sert de critère distinctif entre les marais représentés par le signe 2 et le signe 1. Les traits continus (signe 1) identifient les claires basses, situées en bordure de Seudre et comportant plus des 4/5 de la surface couverte d'eau. Le canal 7 sert à définir ces deux unités qui recouvrent une large gamme de valeurs dans le canal 5.

Les paysages de la presqu'île d'Arvert sont traités plus sommairement. Le groupement de valeurs multispectrales retenues confond les conifères et les marais à poissons, dont les réponses spectrales sont voisines : plutôt qu'à la forte transpiration des pinèdes, il faut sans doute attribuer cette confusion à la rugosité du toit d'une forêt de conifères. Par la fréquence des zones d'ombre portée entre les arbres, cette dernière absorbe une quantité de radiations infrarouges qui peut être voisine de celle qu'un pixel de marais à poissons intercepte, d'où la confusion. Un regroupement différent des valeurs du canal 5 permettrait sans doute de supprimer cette confusion (FRALIT, 1977, p. 82) mais il risquerait de créer des zones de paysages «artificiels» entre les marais à poissons et les claires.

Cette carte, réalisée avec une pré-assistance géographique fait donc apparaître les principaux types de paysages des marais de la région de Marennes, les paysages continentaux ayant été sommairement traités. Elle permet de souligner les principaux problèmes des unités de paysage issus de la cartographie multispectrale et des unités de paysages connus au sol : confusion ici, entre les marais à poissons et la forêt de conifères, distinction là entre différents types de marais, selon la fréquence des surfaces en eau. Mais elle montre aussi la présence d'unités isolées que l'observation des paysages au sol ne permet pas toujours de comprendre. Ceci peut provenir soit du fonctionnement de l'appareil d'enregistrement, soit du contenu même du pixel qui, situé à l'angle d'une parcelle par exemple, comportera davantage de surface en eau et pourra être classé différemment de ses voi-

Figure 260 :

Paysages de la région de St-Just-Marennes le 11 juillet 1973



sins, soit encore de ce que la forme du nuage de valeurs multispectrales représentatives d'une unité de paysage est toujours différente du rectangle auquel la définition par des coordonnées en x et y aboutit. Ainsi des distinctions supplémentaires peuvent-elles être localement créées comme dans le marais de Brouage.

Pour obvier ce dernier inconvénient, des méthodes statistiques permettent de tenir compte des valeurs des points voisins pour affecter une valeur à un point central : il s'agit du lissage.

b) Le traitement des données par lissage majoritaire

- Principe

Dans les opérations précédentes, on traite chaque point isolément. Pour effectuer un lissage, on considère chaque point comme le «centre» d'un bloc formé par ses huit points voisins et lui-même (lissage 3x3). En fonction d'une légende déterminée par pré-assistance taxonomique, le programme FRACARTE attribue un signe à chaque point. Le programme FRALISSE compare alors les signes des neuf points considérés et *attribue* au point central la *valeur modale,* celle qui est la plus fréquente dans le bloc considéré. Le même traitement est appliqué aux points suivants, les signes retenus étant cartographiés

a b b c e
d b e d a
b a e a f
b b e

Figure 261 :

Principe du lissage majoritaire

c) Carte lissée 3x3 de la région de Marennes (figure 262)

Réalisée à partir des données du 11 juillet 1973, cette carte montre la région de Marennes (tache orangée en col. 1930/I. 1380) ; à l'est de l'île d'Oléron, une longue bande de terrains anté-quaternaires (dominante bistre) isole le marais de Brouage au nord des marais que draine la rivière Seudre au sud. Quatre types de paysages peuvent être identifiés sur cette carte :

- Les paysages maritimes

Grâce aux valeurs du canal 5, cinq «masses d'eaux», allant des plus claires et plus profondes (renvoyant peu de radiations orangé-rouge) aux plus chargées et moins profondes, présentant une forte réflectance dans le canal 5 peuvent être distinguées.

La limite des signes bleus (tirets exclus) n'est pas le trait de côte tel qu'il est indiqué sur les cartes, mais la limite instantanée de l'eau à 10 h 24 mm T.U. le 11 juillet 1973. En faisant abstraction de l'influence des conditions atmosphériques, il s'agit d'une courbe de niveau de 3,70 m CM à La Cayenne, située environ 15 cm au-dessus du niveau de mi-marée. Cette courbe se place au-dessus du niveau du zéro NGF tel qu'il est indiqué sur les cartes à 1/25 000, car elle est tracée entre 500 et 1200 mètres en amont de cette dernière sur la carte de la région de Marennes ; par contre, sur l'estran de Brouage au moins, on note une coïncidence satisfaisante entre la limite amont du signe 4 et cette même courbe Zéro NGF. Les fortes réflectances représentées par le signe 5 correspondent aux réponses des fonds vaseux, particulièrement «actifs» dans la longueur d'onde du canal 5 : la lame d'eau qui les recouvre d'une vingtaine de centimètres est en effet insuffisante pour masquer la réponse du fond.

La cartographie de données enregistrées environ trois heures avant une basse mer de cœfficient 46 - approximativement à mi-marée - montre une disposition méridienne des «masses d'eaux» dans le Coureau d'Oléron : au centre, une masse d'eaux moins chargées, passant progressivement à des eaux très chargées et de moins en moins profondes, puis aux estrans ; le littoral de Brouage connaît de très fortes teneurs d'éléments en suspension. Il est possible toutefois que cette disposition méridienne soit due autant à des eaux de qualités différentes (masses d'eau au sens strict) qu'à l'influence du fond, les radiations orangées pouvant pénétrer dans l'eau jusqu'à des profondeurs de l'ordre de plusieurs mètres : jusqu'à 22 mètres en milieu tropical (P.A. COLVOCORESSES, 1976) et 5 à 8 mètres le plus souvent (Y.F. THOMAS, 1978). Dans tout le Coureau d'Oléron, l'influence du fond sur la signature multispectrale des «masses d'eaux» est manifeste, même dans la partie centrale où les eaux moins chargées proches du banc Lamouroux coïncident avec des fonds rocheux et sableux (le banc Lamouroux se compose d'un voile de sable reposant sur un bâti rocheux - M. TESSON, 1973).

En baie de Ronce, la limite entre les régions couvertes par le signe 1 est approximativement celle des plus basses mers, abstraction faite de quelques irrégularités locales qui sont dues à ce que le lissage supprime les scènes au sol ne couvrant que 1 à 2 taches élémentaires (moins de 100 à 150 m de largeur) comme les bancs du Bri ou de la Goelette.

Le centre de la baie de Ronce est occupé par des eaux plus claires : la teneur en suspensions minérales ou planctoniques paraît un peu plus faible alors que les eaux de Maumusson sont davantage chargées : d'autres enregistrements montrent aussi le magnifique panache d'eaux troubles qui sort de Maumusson.

En Seudre, des eaux de qualités diverses se juxtaposent, et la carte donne l'impression de «cellules» plus ou moins chargées, isolées dans la rivière.

- Les estrans

La légende retenue ne met en évidence que deux types d'estrans : les vasières en bistre et les plages sableuses en orangé.

Le symbole no 11 représente les slikkes bordant le Coureau d'Oléron ; mais la même signature multispectrale rassemble d'autres paysages au sol, ainsi :

- les slikkes bordières du Coureau d'Oléron,
- les vignobles au sud de Bourcefranc,
- des zones de cultures maraichères,
- des claires basses de la région de Marennes - La Tremblade et d'Oléron où l'herbe est rare sur des diguettes étroites,
- les agglomérations de Marennes et de La Tremblade,
- des parcelles de céréales récoltées ou déchaumées,
- les dunes faiblement couvertes de végétation au sud-est d'Oléron.

Le trait commun de ces différents paysages est le caractère «minéral» du sol ou, plus précisément, le fait que la végétation ne couvre pas le sol à l'intérieur de

La carte en couleurs est à prendre dans la pochette à la fin du volume.

Figure 262 :

Carte lissée de la région de Marennes
d'après les données de Landsat 1 ; lissage 3 x 3

chaque tache élémentaire et dans un nombre suffisant de taches élémentaires pour être majoritaire dans le bloc de 9 «pixels» inventoriés simultanément par le programme de lissage. D'autre part, des paysages de faible étendue comme les schorres de Brouage se trouvent «gommés» ; à l'inverse, la slikke lorsqu'elle est majoritaire dans le paysage comme sur le banc de Ronce, déborde sur des éléments de paysages de nature différente, comme le liseré sableux de la plage de la Cèpe, au sud-ouest de Ronce-les-Bains.

Le signe no 12 identifie les plages sableuses, très répandues sur le littoral oléronais et la Côte Sauvage d'Arvert ; d'autres plages ou cordons littoraux nus apparaissent, ainsi en baie de Ronce, à la Pointe de Gatseau. Le caractère tout à fait minéral du paysage explique les fortes réflectances dans le canal 5 et la perméabilité du substrat, le niveau élevé de leurs radiances dans le canal 7.

Le même signe distingue les centres densément construits des agglomérations : le Château d'Oléron, Marennes, Saint Just et Saint Sornin, La Tremblade, mais aussi quelques agglomérations secondaires comme Artouan, sur la rive droite de la Seudre : ici, l'aspect minéral du paysage (toits, murs, route) dominant jusqu'à l'exclure la végétation, rend compte de ces fortes réponses*.

- Les paysages de marais

La couleur verte représente les paysages dans lesquels la végétation domine, par l'intermédiaire de réflectances moyennes dans les canaux 5 et 7. Les signatures multispectrales retenues permettent de distinguer :

a) les régions de pâturages, où le tapis herbacé est continu, représentées par des tirets verts. Il s'agit principalement des marais gâts de Brouage et de la bordure nord du marais de Seudre. Quelques parcelles situées sur les plateaux saintongeais à l'est du marais présentent la même signature multispectrale ; la distinction est cependant possible, car les unités imprimées en bistre (cultures non couvrantes, terres labourées) constellant ces terres hautes sont beaucoup plus rares dans les marais. Le caractère distinctif du paysage des marais à herbages médiocres, son uniformité se trouve ansi pleinement mise en lumière par la cartographie automatique lissée.

Le marais de Brouage est constellé de taches plus sombres (signe 8) dont la disposition suggère qu'elles expriment un meilleur état de la végétation. Il s'agit d'une part de la bande boisée accompagnant le canal de la Seudre à la Charente - mais sa continuité est interrompue par le lissage - et d'autre part de parcelles de marais correspondant à des zones pauvres en marais gâts et déprimées, et / ou plus humides. Le printemps 1973 ayant été assez sec (seulement 3/4 des précipitations moyennes de 1970 - 1974 dans les trois mois précédant l'enregistrement), ces régions ont pu conserver davantage d'eau : la végétation, moins avancée, réfléchit moins de radiations orangées ; d'autre part certaines parties humides du marais étant moins bien entretenues, les herbes sèches réfléchissent davantage d'infrarouge : ainsi est mis en évidence et cartographié un faciès particulier du paysage des marais gâts.

Enfin, les quelques taches brunes qui interrompent l'uniformité du paysage des marais gâts (et les font ressembler aux slikkes) ont deux origines : il s'agit soit de terres labourées comme sur l'île de Malaigre ou à Broue, soit de secteurs du marais où les fossés ont été récemment curés et recalibrés : les vases extraites sont répandues en bordure de parcelle et ce paysage sans végétation est ainsi assimilé aux autres paysages représentés en bistre.

b) Les régions d'anciens marais salants, où les bassins sont encore remplis d'eau. La plupart de ces bassins sont utilisés comme marais à poissons en Seudre, mais la cartographie y ajoute d'anciens marais salants, aux bassins réoccupés par des claires à huîtres, ainsi que des marais plats comportant de longues dépressions peu profondes et sinueuses, les «nôles» ; correspondant à d'anciens chenaux de marée, les nôles gardent longtemps sinon de l'eau libre, du moins un fond tourbeux très humide qui absorbe une quantité importante d'infrarouge.

c) Les régions couvertes de claires, où les surfaces en eaux sont interrompues par des diguettes assez larges et herbeuses sont représentées par des lignes bleues ; ce type de paysage borde la partie moyenne de la Seudre et s'insinue le long des chenaux de marée à l'intérieur même des marais de la Seudre où ces claires basses envahissent les schorres.

- La presqu'île d'Arvert

La carte infographique, lissée, laisse apparaître le kaléidoscope des paysages de la presqu'île d'Arvert : claires à huîtres, marais à poissons, mais aussi herbages et vignobles vers l'Eguille à l'est comme au sud de La Tremblade. Les marais, moins développés, ne présentent pas les grandes unités homogènes qui caractérisent le marais de Brouage et la rive droite de la Seudre. Le lissage simplifie un peu la marqueterie des paysages continentaux : forêts de chênes-verts accompagnés çà et là de conifères près de Breuillet, d'Etaules ainsi qu'à la bordure orientale de la forêt de la Coubre (signe 10), marais de Saint Augustin où les prairies et les labours pour la culture du maïs ou les parcelles récemment fauchées (en bistre) se partagent l'espace entre les Mathes et Brèze (signes 9 et 11), alors que les taches vertes (signe 8) recouvrent des paysages variés où dominent forêts et prairies.

Il est évidemment possible de pousser plus avant l'analyse des paysages cartographiés à partir de leurs signatures multispectrales ayant subi un lissage 3 x 3. L'objectif était ici d'essayer de retrouver les grandes unités du paysage, d'observer quel pouvait être l'apport de cette technique de cartographie des données de télédétection à la connaissance des paysages terrestres.

d) La carte lissée 5 x 5 de la région de Marennes

Le lissage 5 x 5 représente une simplification supplémentaire par rapport au lissage 3 x 3 et permet de mieux mettre en évidence de grands ensembles homogènes de paysages, sur les marais en particulier *(figure 263).*

* Il serait possible, par un traitement numérique approprié, de distinguer ces paysages, en vue d'une cartographie appliquée à l'aménagement, par exemple.

La carte en couleurs est à prendre dans la pochette à la fin du volume.

Figure 263 :

Carte lissée de la région de Marennes
d'après les données de Landsat 1 ; lissage 5 x 5

Le Marais de Brouage présente ainsi trois régions bien typées : à l'est et au nord, entre St Sornin et Beaugeay un paysage homogène de marais gâts où seule s'individualise l'île de Malaigre (taches bistre) ; dans la partie centrale, les marais plats à l'herbe plus verte se regroupent entre Bellevue et la mer ; dans la partie sud-est, entre Hiers et la région de Bourcefranc et la mer, les formes d'occupation du sol sont plus diverses et les paysages moins monotones que dans les régions plus internes du marais.

L'ordonnance en bandes parallèles des Marais de la Seudre au sud de la presqu'île de Marennes, assez nette dans la région de Nieulle (R. REGRAIN, 1978 b, p. 357) constitue en réalité un aspect particulier aux parties des marais proches de La Tremblade et de l'Eguille. Dans la partie centrale, les paysages s'ordonnent en fonction du réseau des chenaux de marée : chacun des chenaux de Luzac, Recoulaine, Bugée, Pélard, etc... (cf. *figure 118*), est accompagné de bandes de claires basses, de fonds de marais gâts recouverts de claires, de marais à poissons, de marais gâts et de marais plats : on retrouve ainsi le modèle d'aménagement de l'espace évoqué p. 146

Ainsi le lissage 5 x 5 permet-il d'identifier de grands ensembles de paysage et de reconnaître leur disposition spatiale. Mais il est aussi susceptible de mettre en évidence le degré d'homogénéité, de concentration de chacun de ces paysages, par comparaison avec la carte brute et le lissage 3 x 3. En effet, les marais gâts mal entretenus (signe 9) représentent sur la carte *figure 263* plus de 105 % de la surface qu'ils occupaient sur la carte lissée 3 x 3 *(figure 262)* : ce gain a été obtenu aux dépens des marais de meilleure qualité herbagère (signe 8), dont la fréquence passe de 100 % à 84 % environ d'un lissage à l'autre. Le lissage supprime en effet les éléments cartographiques (mappons) isolés, s'ils ne sont pas majoritaires dans le bloc considéré (5 sur 9, 13 sur 25, etc...) : de nombreux aspects particuliers des marais gâts à l'est de Brouage (prés mieux entretenus isolés, rares marais plats fauchés, etc...) sont ainsi rayés de la carte lissée. Mais le signe 9 a aussi gagné sur le signe 11 (slikkes, labours ou levées récentes de curage des fossés), en particulier à l'ouest de Brouage, dans un secteur où la rénovation agricole était amorcée en 1973.

Il est ainsi possible de classer les mappons suivant leur degré de concentration spatiale : sont considérés comme spatialement concentrés les mappons qui gagnent de la surface lors du lissage et spatialement dispersés les mappons dont la surface diminue au cours du lissage. Les mappons déterminés sur ces trois cartes *figures 261, 262, 263* se classent ainsi *(tableau 59)* :

classement	contenu	symbole no	ratio
1	eaux moyennement chargées	3	106,7
2	marais gâts médiocres	9	105,6
3	eaux très peu chargées	2	104,7
4	plages, centres de villages	12	103,7
5	marais gâts et eau	7	102,7
6	bois, forêts et divers	10	101,3
7	eau pure du Coureau	1	100,5
8	claires basses en eau	6	100,4
9	eaux assez chargées	4	99,6
10	slikkes, labours, divers	11	95,35
11	eaux très chargées	5	90,1
12	prairies	8	83,6

Tableau 59 :

Concentration spatiale des unités déterminées sur les cartes infographiques lissées de la région de Marennes, le 11 juillet 1973

(le ratio est établi pour 100 : surface sur la carte lissée 3x3)

Ce tableau montre que les unités souffrant d'une grande dispersion (11 et 8) s'effacent progressivement alors que les unités déjà largement contiguës s'affirment (9) ; les unités mixtes (4, 12) comprenant des secteurs contigus à partir desquels elles peuvent s'étendre, et des secteurs isolés susceptibles de disparaître (dans le signe 12, respectivement les plages et les centres de villages) se classent au milieu du tableau.

e) Pertinence du lissage

L'idée première qui a contribué à l'utilisation du lissage était que certains pixels présentent des valeurs jugées aberrantes au milieu d'autres pixels de valeurs voisines : les profils ont montré des cas où ce phénomène ne peut guère s'expliquer que par une irrégularité momentanée de fonctionnement du capteur (supra, *figure 259* ou FRALIT, 1977, p. 89). Ces pixels peuvent créer *(figure 260)* des taches isolées de signe 8 ou 11 au milieu des marais représentés par le signe 9. Le lissage contribue donc à supprimer ces éléments ponctuels et dispersés qui peuvent gêner l'interprétation.

Ces valeurs «artificielles» de luminance peuvent aussi être associées à des structures linéaires intéressantes, comme par exemple le canal de la Seudre à la Charente *(figure 246, supra)* dont on observera la disparition progressive de la carte brute aux cartes lissées 3 x 3 et 5 x 5 ; cette disparition est due à ce que dans certaines lignes, l'unité canal et haies végétales se trouve être séparée entre plusieurs pixels qui, non majoritaires à l'intérieur du bloc de lissage, sont supprimés. Des structures ponctuelles (villages, centres des agglomérations, etc...), comme par exemple les centres

de La Tremblade et de Marennes, sont eux aussi supprimés sur la carte lissée 5 x 5 en raison de leur faible extension (moins de 13 pixels sur 3 lignes). Le procédé du lissage peut donc conduire à supprimer des éléments de paysage utiles pour le repérage et / ou l'interprétation, selon leur taille et leur disposition.

Les avantages du lissage apparaissent mieux dans la définition d'unités homogènes, dont on peut établir un «classement de concentration». Les unités les plus concentrées peuvent être identifiées facilement sur le terrain : on y choisira donc les sites-témoin afin de définir les caractères structurels et surtout fugitifs intervenant dans la vérité de terrain. Ainsi, le paysage «marais gâts à herbages de médiocre qualité» peut-il être défini avec plus de précision dans la partie de marais proche de la Tour de Broue qu'au voisinage même de Bellevue ou de Brouage. Le lissage constitue donc un moyen de pré-assistance, au moment du choix des zones-témoin, et permet de repérer les facteurs dominants dans les réponses multispectrales, ici la présence de fossés pleins d'eaux et couverts de roseaux ou de lentilles d'eau, entre des prés peu entretenus et de médiocre qualité, terrains de pacage extensif plutôt que véritables prairies.

Enfin, le lissage s'apparente à la généralisation cartographique, qui se traduit par une simplification des formes et par la suppression de certains éléments ; cette généralisation s'effectue le plus souvent manuellement, lors du passage d'une échelle à l'autre. Le lissage constitue un procédé automatique de généralisation, valable pour les éléments de paysage de forte concentration et / ou dont l'extension spatiale a une forme globuleuse, mais beaucoup moins pertinent pour généraliser des structures linéaires ou ponctuelles, les zones de limites. Sous cette réserve, le lissage pourrait constituer une possibilité de compression des données recueillies par satellites.

Le lissage ne s'applique toutefois qu'aux ensembles multispectraux préalablement déterminés : il constitue donc une forme de post-assistance globale. Il permet aussi de revenir sur la nature des informations recueillies concernant un groupe de taches élémentaires : il constitue de ce fait une forme de pré-assistance pour une néotaxonomie, un nouveau classement des paysages.

Stades de la recherche →

visualisation	préassistance	coassistance	post-assistance
spectrale en fonction de la répartition statistique des données	249 251	256 258	
taxonomique en fonction de l'existence d'unités (ou taxons) connues	252 253 260		258
géographique en fonction de la répartition des unités connues	249 256	243	262 263

Figure 264 :

Modes d'assistance utilisés pour l'étude des Marais Charentais
(Les numéros sont ceux des cartes infographiques)

CONCLUSION

Les paysages des Marais Charentais peuvent donc être définis grâce à leurs signatures multispectrales, c'est-à-dire l'ensemble des valeurs de luminance recueillies au moment précis de l'enregistrement. La combinaison de valeurs dans plusieurs bandes spectrales permet de mettre en évidence des qualités du paysage, certaines caractéristiques qui ne coïncident pas forcément avec ce que les recherches usuelles en Géographie ont fait apparaître.

L'ensemble des essais cartographiques a été réalisé selon le mode supervisé, à partir de sites-témoin où l'étude géographique précédente avait permis de mettre en évidence les caractères structurels, permanents des paysages, mais non les facteurs fugitifs, limités au moment même de l'enregistrement. Après une étape d'essais empiriques, différents modes d'assistance ont été utilisés, en vue de progresser vers une définition de plus en plus automatisée des signatures spectrales (figure 264).

La pré-assistance par histogrammes a mis en évidence les principaux ensembles de paysages des marais de Lupin et de Brouage ; elle a montré l'importance des facteurs fugitifs, principalement d'origine climatique par les perturbations qu'ils apportent aux signatures multispectrales.

La pré-assistance par profils a montré que trois grands types de paysages pouvaient être distingués, au point de vue de leur comportement spectral : des paysages à faibles variations dans la luminance de taches élémentaires contiguës, ces variations s'inscrivant autour d'une valeur moyenne ou modale identifiable d'une part, des paysages caractérisés par des différences importantes de réflectance entre pixels voisins d'autre part, des paysages où les variations s'effectuent en moyenne suivant un gradient croissant ou décroissant enfin. Ce mode de pré-assistance permet donc de moduler la pertinence des traitements statistiques pour l'établissement des légendes multispectrales.

Le lissage est susceptible non seulement de faire apparaître les grands ensembles spatiaux du paysage, mais aussi d'apprécier le degré de concentration spatiale de chacun de ces ensembles. Par ailleurs, il peut constituer un moyen de compression de la masse des données recueillies de satellites. Enfin, et c'est sans doute l'essentiel, il permet de mieux situer les zones-témoin dans les régions de grande homogénéité d'aspect (de forte concentration spatiale), et de mieux apprécier la pertinence géographique des groupes de valeurs multispectrales précédemment établis. Ainsi le lissage cons-constitue un procédé très utile d'assistance taxonomique et géographique.

Ces considérations conduisent à proposer un protocole de formes d'assistance en vue d'une cartographie donnée. Si l'objectif est de réaliser une carte thématique, le «thème» étant préalablement connu en matière spectrale au moyen de l'histogramme, la carte non lissée indiquera l'aire couverte et le lissage son degré de concentration.

Si l'objectif est de cartographier un élément géographique particulier (phénon), une cartographie pré-assistée par histogramme à partir d'un site-témoin correspondant à cet élément géographique constituera une première visualisation ; comme dans le cas du Marais de Brouage, le lissage permettra ensuite de poursuivre le commentaire géographique des mappons ainsi obtenus.

Si l'objectif est de réaliser une carte globale, régionale, l'identification des ensembles multispectraux gagnera à être pratiquée par pré-assistance spectrale (histogrammes et profils) et géographique ; selon l'échelle de restitution désirée et le degré d'homogénéité visuelle souhaitée, le lissage pourra être retenu. L'ensemble de ces procédés a été utilisé pour les cartes du Marais de Brouage.

Sans avoir voulu donner un panorama des traitements supervisés des données multispectrales de télédétection, on n'a envisagé jusqu'ici que les données «unitemporelles», appartenant à une date précise. Afin d'apprécier la part des facteurs fugitifs dans les réponses spectrales des «phénons», il importe d'envisager maintenant le comportement d'un même paysage dans des conditions saisonnières variées.*

III - LA CARTOGRAPHIE DIACHRONIQUE

La répétition des enregistrements sur une même région est l'une des caractéristiques importantes des données de télédétection par satellites. Deux types de cartes peuvent être établies, des cartes «polystatiques» et des cartes «cinématiques» (F. VERGER, 1973 a, p. 162). Les cartes polystatiques rassemblent une suite d'états concernant un phénomène particulier, comme les surfaces couvertes par la marée lors des enregistrements, etc... ; pour l'étude régionale globale des paysages de marais, on établira par exemple une série de cartes statiques, représentant une même région à différentes époques. Les cartes cinématiques, quant à elles, expriment les changements survenus entre deux enregistrements ; pour les données de télédétection, elles supposent que les pixels de dates différentes se superposent le plus exactement possible (cas généralement non réalisé en raison de l'«usure» de l'orbite) ou que les enregistrements échelonnés dans le temps puissent être ramenés à un quadrillage géographique de référence suffisamment précis. Cette condition n'étant pas encore strictement réalisée sur l'ensemble de notre zone d'études (Equipe FRALIT, 1979), on ne présentera ci-dessous que des suites de cartes statiques des marais de Voutron, de la Basse Charente et de Brouage : cette cartographie est dite diachronique**.

1 - Les marais de Voutron de 1973 à 1976 *(figure 265)****

a) Le 11 juillet 1973

La carte des marais de Voutron, le 11 juillet 1973, a été présentée sur la *figure 253.*

b) Le 4 juin 1975

La carte infographique de la *figure 266* oppose les paysages de prairies, particulièrement répandues dans les marais (signes 8 et 9) aux paysages marins (signe 1) ; une texture monotone caractérise ces deux ensembles, une texture plus contrastée les paysages continentaux (villages, zones de cultures, prairies, etc...).

Cet enregistrement a été effectué à la fin d'un printemps assez sec. Pour mars, avril et mai, les précipitations recueillies à Saint Laurent de La Prée ne représentent que 80 % des précipitations printanières (moyenne 1970-1975), et 55 % environ à La Rochelle ; mai cependant a été moins déficitaire, recevant 90 % des précipitations moyennes. Par ailleurs, le bilan hydrique de 10 jours précédant cet enregistrement (25,5 mm de précipitations et 23,9 mm d'évapotranspiration potentielle à La Rochelle) n'est pas en mesure de modifier cette donnée fondamentale. Cet enregistrement de printemps

* Les modes supervisés semblent plutôt utilisés par les naturalistes ou les spécialistes connaissant la «réalité de terrain», les modes non supervisés par les statisticiens ; chacun des colloques du GDTA, de l'Agence Spatiale Européenne ou de divers organismes américains montre les progrès de chacun de ces modes de traitement. Un bilan comparatif sortirait du cadre de cet ouvrage.

** Elle s'intéresse à la succession d'aspects et d'états des paysages dans un intervalle de temps connu, bien plus qu'aux modifications de localisation ; ce dernier aspect identifie au sens strict la cartographie cinématique (Equipe FRALIT, 1979, p. 128-129).

*** ou encore marais d'Yves, cf p. 387

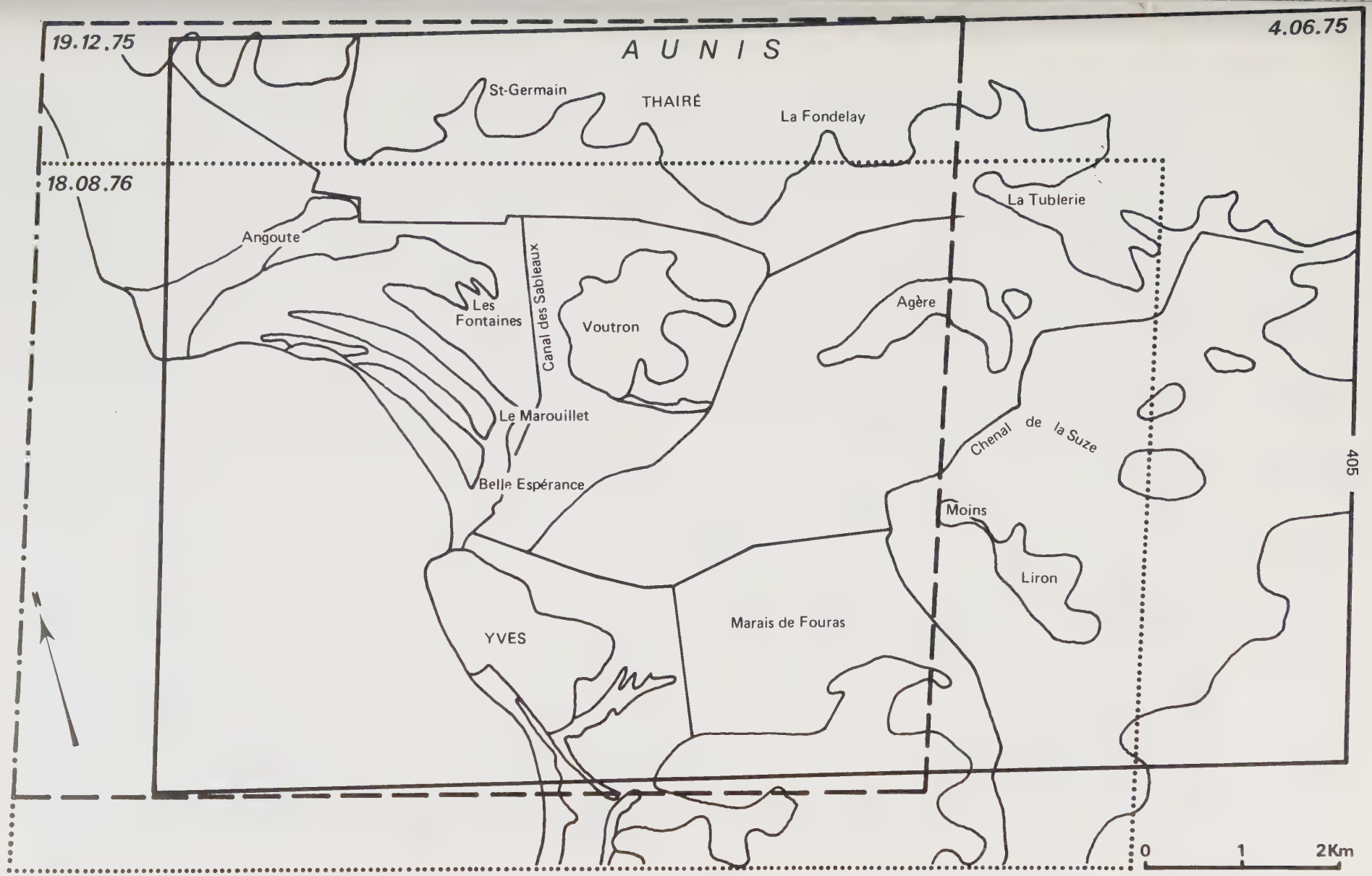


Figure 265 :
Croquis de repérage pour les cartes infographiques des marais d'Yves ou marais de Voutron (p. 387, 406, 407, 409)

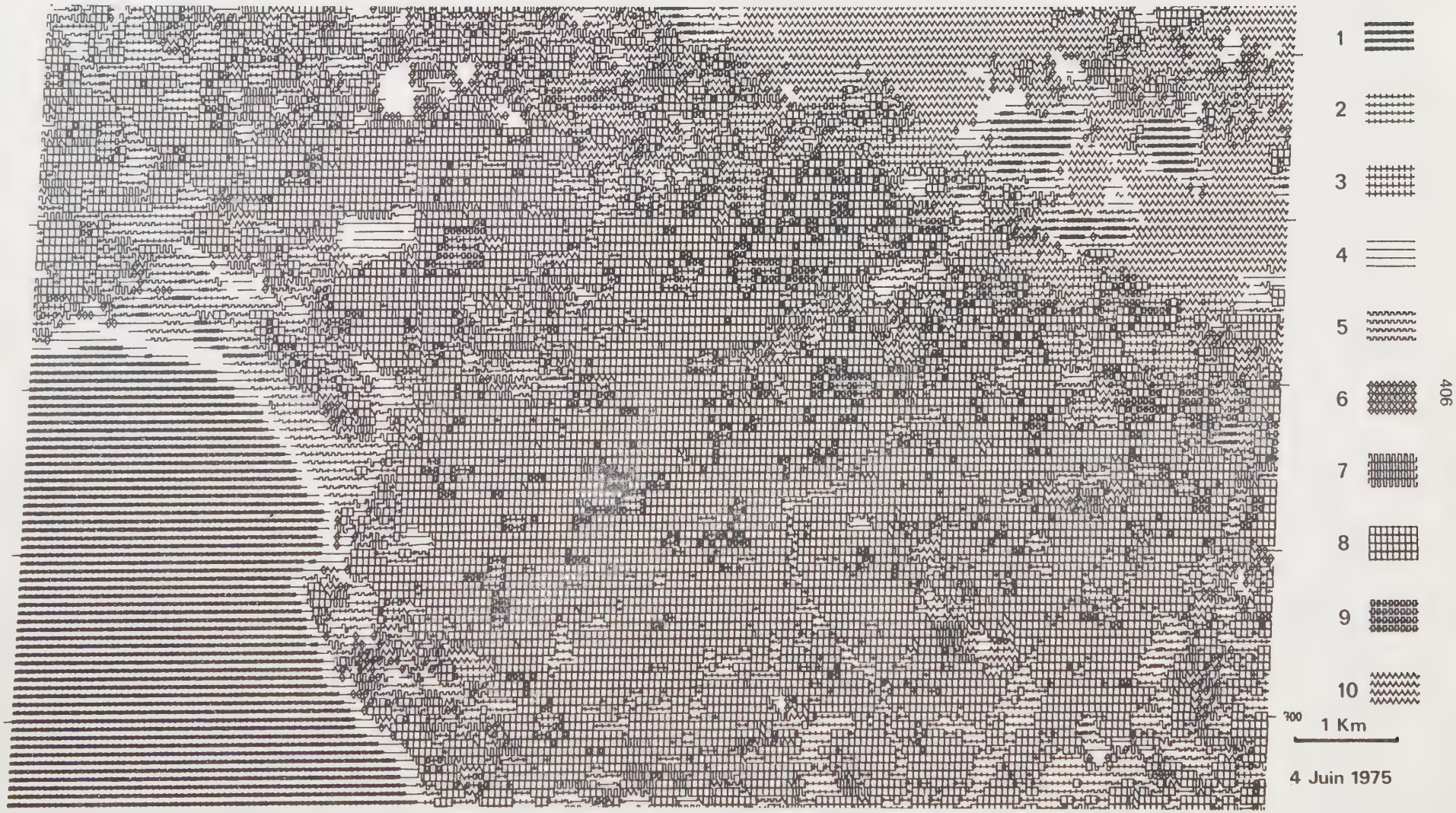


Figure 266 :
Les marais de Voutron le 4 juin 1975

La carte en couleurs est à prendre dans la pochette à la fin du volume.

Carte parue dans «Photo Interprétation», 1976/5 et reproduite grâce à l'aimable autorisation des Editions Technip.

Figure 267 :

Les marais de Voutron le 19 décembre 1975

correspond à une période de croissance de la végétation herbacée, phénomène exprimé par les fortes réflectances dans l'orangé et l'infrarouge (46,6 % des paysages continentaux ont des luminances comprises entre 35 et 44 dans l'orangé et 16 et 23 dans l'infrarouge ; signes 8 et 9).

Les signes 8 et 9 identifiant les régions couvertes principalement de prairies naturelles, la légende multispectrale retenue met en évidence quelques zones au comportement anormal. On se repérera grâce à la *figure 265* et au canal de Charras (ligne de croix à l'est), à l'Ile d'Yves (courbure de la côte vers l'ouest au sud de l'Anse des Boucholeurs), aux champs des Fontaines (tache rayée au nord-ouest) et de St Germain (tache blanche semi circulaire au nord).

Entre l'angle ouest du canal de Charras et l'île d'Yves, deux zones de croix (signe 2) s'y disposent en ligne pour l'une, près de la bordure méridionale du marais de Fouras, et en tache allongée nord-sud plus près d'Yves. Ces deux secteurs correspondent à des zones mal égouttées, avec guimauves et joncs plus fréquents dans les prés, et se situent sur le tracé d'anciens chenaux de marée. Le signe 2 caractérise donc les zones plus humides et couvertes de végétation assez élevée (canaux bordés d'arbres par exemple, dépressions bordées de guimauves, etc...).

Au sud de la zone aplanie des Fontaines, existant déjà en 1973 (ci-dessus, *figure 253*), le secteur des cordons du Marouillet enserre des herbages plus ou

moins humides selon que le substrat est argileux à argilo-sableux (signes 8, 9, 7) ou au contraire très argileux avec une végétation à la fois rare et rase, (signe 5 et secondairement 2), comme la dépression séparant le cordon de Belle Espérance du cordon actuel *(cf figure 47)* ; les claires en cours d'établissement (signe 1) s'identifient aux surfaces en eau. Le chantier de la route La Rochelle - Rochefort qui était près de la Charente en 1973 est maintenant arrivé entre le Marouillet et Angoute (zone SE/NW de lignes horizontales signalant les zones de déblais). A l'est des Fontaines, l'île de Voutron s'identifie par une juxtaposition de signes divers, que l'on retrouve sur la bordure de l'Aunis, au nord de la carte.

Les paysages continentaux opposent un vaste secteur céréalier sur calcaires rauraciens pratiquement sans arbres, la «campagne de l'Aunis», (signe 10), où le sol sec, les céréales en pleine croissance (grâce aux pluies du 27 mai ?) expliquent les fortes réflectances dans l'infrarouge et dans l'orangé d'une part, et des parcelles plus petites avec des arbres et des haies sur des sols légèrement plus marneux, à l'ouest de la Fondelay-Thairé. Des parcelles remembrées et équipées pour le drainage apparaissent en blanc et / ou par le signe 1.

Cette carte concernant le marais de Voutron à la fin d'un printemps sec ne fait pas apparaître de variations importantes dans les signatures multispectrales des paysages entre le marais et ses bordures marneuses. Elle permet cependant d'identifier quelques secteurs humides dans le marais de Fouras et de repérer le tracé des canaux principaux de drainage, canal de Charras et canal des Sableaux (ligne nord-sud à l'est des Fontaines). Comparée à la carte du 11 juillet 1973, elle permet de suivre la progression du chantier autoroutier et de la rénovation culturale en Aunis. Dans les marais, on observe des variations dans l'emplacement des zones humides : les régions du paléochenal de Voutron et du chenal de la Suze ne s'individualisent que partiellement ; la différence d'humidité entre la bordure continentale et le reste du marais paraît moins forte qu'en juillet 1973, mais une nouvelle zone humide apparaît au sud du Marais de Fouras.

c) Le 19 décembre 1975 (figure 267)

Cette carte ayant été réalisée en couleurs, peut être directement comparée à la carte de juillet 1973 *(figure 253)*. Sur les deux cartes, les surfaces en eau sont traitées en bleu, l'estran et les terres nues en bistre, le marais en vert. L'emploi de la couleur permet de distinguer jusqu'à 3 ou 4 «mappons» dans chaque paysage. L'opposition entre la texture uniforme des paysages en mer et aussi dans les marais, et la texture finement ciselée sur les îles (Angoute au nord-ouest, Yves au sud) et le continent (bordure nord) est le trait dominant des paysages couverts par cette carte.

Sur l'estran, plus dégagé en hiver (basse mer de cœfficient 84) qu'en été (2 heures avant une pleine mer de cœfficient 46), on remarque (signe 14) deux barres d'avant-côte, longues rides sablo-vaseuses qui s'allongent au sud de l'estran des Boucholeurs. Ces formes semblent alimentées par les sables des fonds proches plus que par la plage de Chatelaillon dont l'érosion est pratiquement arrêtée par la construction des digues du port de plaisance. Ces barres, que l'on pouvait deviner en juillet 1973 (signe 4) alimentent les cordons au nord et au sud de l'île d'Yves : ces derniers ainsi que les plages sèches apparaissent en noir en hiver (signe 18). La comparaison des deux cartes montre que ces barres se rapprochent de la côte, en lui restant presque parallèles : on est donc ici à la limite des crêtes de type landais d'A. GUILCHER (1978, p. 362).

La barrière littorale est formée de plages alimentant des cordons littoraux de galets ou de sable : les signes 5 et 6 en été, 12 en hiver indiquent les éléments non couverts de végétation. Entre les anciens cordons littoraux (5-6) au sol plus sec que les marais (7-8) s'étendent des plaines à la végétation éparse, en hiver (11) comme en été (5) ; une partie est occupée par des claires à huîtres (ou des carrières) en eau en 1973 (2), à sec en 1975 (3). Dans la partie tout à fait interne, en liaison avec un chantier autoroutier (ligne nord-ouest / sud-est de signe 11), des terrains ont été nivelés (Les Fontaines) et forment une nouvelle unité où la terre nue sableuse (12) se distingue du marais (11, 13, 14), par suite de réponses différentes dans l'orangé.

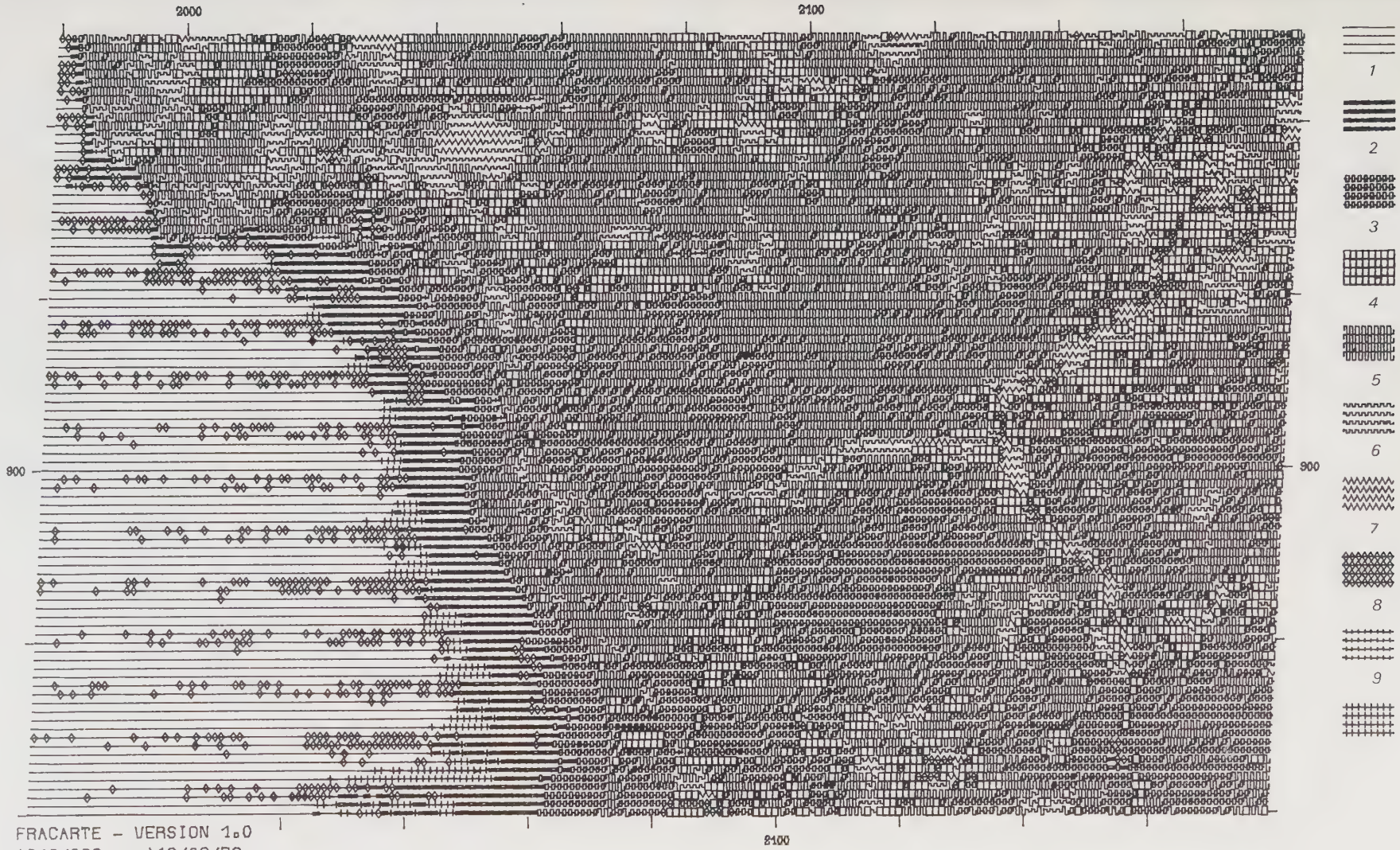
La bordure continentale et les îles ont une texture contrastée. En hiver, on distinguera les prairies (16, 17) des labours aux sols plus ou moins secs (12, 14), alors que l'été, les sols «nus» (5, 6) correspondent à des parcelles fauchées ou à des vignes.

Le marais de Voutron est couvert de prairies permanentes qui s'individualisent immédiatement par la teinte verte (signes 7 à 9, 15 à 17). Au début de l'été 1973, les canaux se confondent avec les régions bien alimentées en eau : près du canal de Charras comme près de la bordure continentale (signe 9) une région à la végétation plus vigoureuse, souffrant moins de la sécheresse, s'individualise fortement. En hiver, les feuillus dépouillés laissent à nu le sol humide, d'où la confusion possible (11) avec les terres labourées, nues elles aussi. Le tracé du canal accompagné de sa double ligne de frênes est alors très précis ; sa partie occidentale, de tracé nord-sud, non bordée d'arbres, disparaît en hiver.

Dans les marais proches de Voutron, les régions plus humides (signe 15) sont moins continues qu'en juillet 1973 ; elles se localisent en bordure du plateau d'Aunis au nord, autour des îles d'Angoute, de Voutron et d'Agère, ainsi que dans l'angle nord-ouest du Marais de Fouras. Cette dernière région se caractérise par une nappe d'eau permanente très proche de la surface et des faciès pédologiques hydromorphes, en liaison avec l'ancien chenal de la Suze *(figures 115 et 170)*.

Le Marais de Fouras, est formé de marais gâts nivelés dans sa plus grande partie (signe 16) ; les secteurs où les luminances dans l'infrarouge sont plus importantes (signe 17) correspondent aux anciens marais plats *(figure 114)*, en particulier à l'est : les prairies sont effectivement un peu moins humides que dans les secteurs correspondant à d'anciens marais gâts : la moindre fréquence des surfaces en eau constitue le «facteur permanent» responsable de cette nuance plus sèche des marais.

Dans la mesure où les signatures multispectrales qui ont servi à identifier les paysages du marais ne correspondent pas strictement à des paysages appartenant à l'ensemble marais, mais à tous les paysages combinant eau, végétation, sol, etc... en proportions voisines, les signes 15, 16, 17 se retrouvent aussi sur les îles et la bordure continentale. Il en est de même de quelques signes isolés, correspondant à des artefacts concernant le contenu de la tache élémentaire, ou à des irrégularités ponctuelles d'enregistrement : signes 11 (bistre) et 18 (noir) isolés dans le marais.



FRACARTE - VERSION 1.0
(216/028)18/08/76
LIGNES 850 A 940 /1
COLONNES 1980 A 2179 /1
ECHELLE: 1/ 50 000
REALISE EN JANVIER 1979

Figure 268 :
Les marais de Voutron le 18 août 1976

A la fin d'un automne moyennement arrosé (le total des précipitations du dernier trimestre de 1975 est égal à la moyenne trimestrielle des précipitations 1970 - 1975 à La Rochelle) cette carte montre des régions diversement humides dans les marais de Voutron. Dans les zones très humides, au nord et en bordure des îles, de sérieux problèmes de maîtrise du plan d'eau se posent ; dans la majeure partie des marais, l'humidité observée peut être considérée comme représentative des conditions moyennes en automne. Certes, l'humidité n'est que l'un des facteurs permanents du paysage des marais, mais la bande spectrale 7, infrarouge l'enregistre avec précision ; la végétation intervient aussi dans la signature spectrale des paysages des marais - et la bande spectrale 5, dans l'orangé rouge y est très sensible. On peut donc considérer la légende multispectrale retenue comme caractéristique des paysages (humides et couverts de végétation) des marais maritimes ; leur répartition géographique semble caractéristique de la situation des marais au cours d'un automne moyennement arrosé (cf. figure 37, supra).

d) Le 18 août 1976

Sur la carte réalisée à partir des données du 18 août 1976, la mer a été «banalisée», et on a réservé les signes aux paysages émergés, haut estran, marais, îles et bordures continentales. La légende combine des valeurs de rayonnement dans la bande spectrale 5 et la bande spectrale 7 : cette dernière présentant certaines défectuosités sur deux des six capteurs on ne prêtera pas attention aux effets de lignage persistant sur la carte*.

Cet enregistrement correspond à des données climatiques assez sévères, l'année 1976 ayant connu un printemps et un été exceptionnement sec (00 mm de précipitations à La Rochelle pendant les trois mois précédents). On peut donc considérer que seules les zones hyper-humides - ou bien alimentées en eau - ont pu encore conserver quelque humidité. Le paysage des marais était celui d'un vaste «paillasson», encore accentué par les herbes sèches et jaunies qui couvrent la plus grande partie du sol ; la carte infographique montre que certains secteurs semblent avoir moins souffert de la sécheresse.

Le marais de Fouras, enserré entre les deux «branches» du canal de Charras oppose une région nord-ouest, aux réflectances assez fortes dans l'infrarouge (signe 3) et une région méridionale, aux réflectances moindres. Les fortes réflectances caractérisent l'ensemble des marais de Voutron et aussi quelques unes des «terres hautes» (signe 5) : elles correspondent donc aux paysages de prairies souffreteuses des marais pendant l'été 1976. Par contre les signes 4 recouvrent des régions absorbant davantage l'infrarouge : cette originalité de la partie méridionale du marais de Fouras est due à une situation un peu plus élevée qu'au nord-ouest (supra, p. 228), une texture plus compacte des sols, mais aussi à une plus grande abondance des hautes herbes séchées dans les prairies : on sait en effet que les végétaux secs réfléchissent moins l'infrarouge que les végétaux vivants.

Au contraire, les régions qui ont moins souffert de la sécheresse s'individualisent fortement (signes 3 et 6) : bande de terrains encadrant le canal de Charras (soulignant peut-être des pertes par infiltration), marais à l'est d'Agère où les fonds de marais gâts conservent plus d'humidité qu'ailleurs dans le marais de Voutron (alimentation par des sourcins proches de La Tublerie ?) et où de petites parcelles sont entourées de véritables haies, responsables d'un microclimat plus humide évoquant parfois les marais «boisés» *(figure 84)* - Ce type de paysage se poursuit en se dégradant d'Agère aux environs de l'île de Moins, jusqu'à l'ancien tracé du chenal de la Suze : la carte infographique l'identifie comme zone moins asséchée.

Les quatre cartes réalisées sur les marais de Voutron (13 juillet 1973, figure 253 ; 4 juin 1975, figure 266 ; 19 décembre 1975, figure 267 et 18 août 1976, figure 268) ont permis de mettre en évidence des milieux d'humidité différente suivant les conditions climatiques et édaphiques, dont on peut esquisser un classement :

- *milieux très humides*
  - *bordures du canal de Charras (décembre 1975, août 1976)*
  - *région comprise entre Agère, Ballon et Moins (août 1976)*
  (il s'agit pour l'essentiel de régions de petites parcelles, avec des haies en bordure)

- *milieux humides*
  - *nord-ouest du marais de Fouras et ancien cours de la Suze (juin 1975),*
  - *zone centrale S du marais de Fouras (juin 1975)*
  - *bordure continentale nord (juillet 1973,*
  - *décembre 1975,)*
  - *périphérie des îles (décembre 1975)*
  zones à marais salants plus profonds (est d'Agère, août 1976)

- *milieux moins humides et vite asséchés en saison sèche*

  partie méridionale du marais de Fouras (décembre 1975, août 1976)

*Ce classement reste schématique et général : des nuances plus fines pourraient être distinguées, par exemple concernant des milieux moins étendus et plus contrastés, plus proches du trait de côte actuel ; mais les conditions d'enregistrement, la nécessité de fonder une interprétation sur un paysage d'assez grande dimension (la «maille»), les difficultés à reconstituer les combinaisons des facteurs structurels et fugitifs en l'absence d'observations simultanées ne peuvent, au stade actuel de la recherche, qu'inciter à la plus grande prudence dans les interprétations**.*

2 - Les marais de Lupin et de l'estuaire de la Charente

La *figure 269* montre les marais encadrant le dernier méandre de la Charente en juin 1975 et août 1976 ; la situation du 11 juillet 1973 est portée sur la *figure 252.* Cette zone a été choisie car elle présente un paysage de marais plats - alors que les marais d'Yves juxtaposent marais plats et anciens marais salants ; elle a fait l'objet d'études antérieures (R. REGRAIN, 1971 b, 1971 c.) ; elle rassemble des terrains d'altitudes différentes *(figure 159)*, exploités en pacages extensifs, en prairies fauchées, ou en cultures (ferme expérimentale de l'INRA au nord).

* Plutôt qu'homogénéiser les données par un procédé statistique, on a préféré utiliser directement les données reçues du GDTA.

** Ce classement recoupe assez bien l'aspect de différents secteurs distingués sur diverses photographies aériennes obtenues dans des conditions météorologiques de printemps et d'été ; il coïncide d'autre part avec des observations faites sur le terrain et en avion concernant la physionomie du tapis végétal. De telles observations mériteraient d'être systématisées afin de mieux apprécier la pertinence des données de télédétection pour un aménagement.

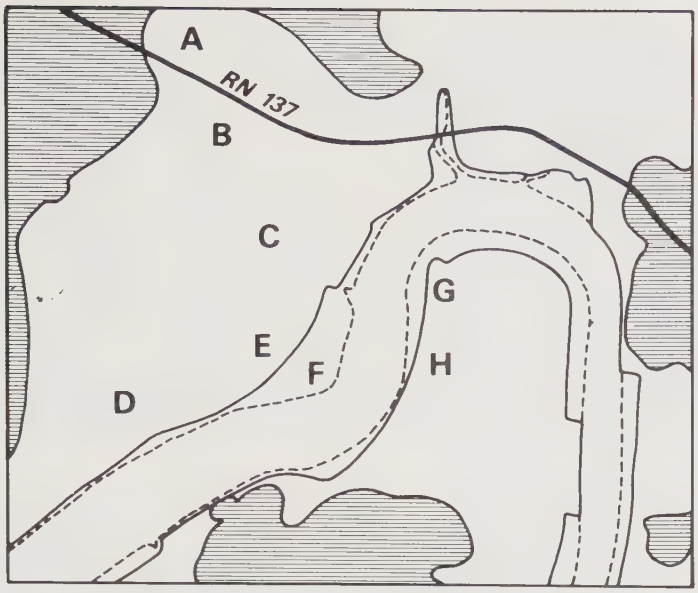
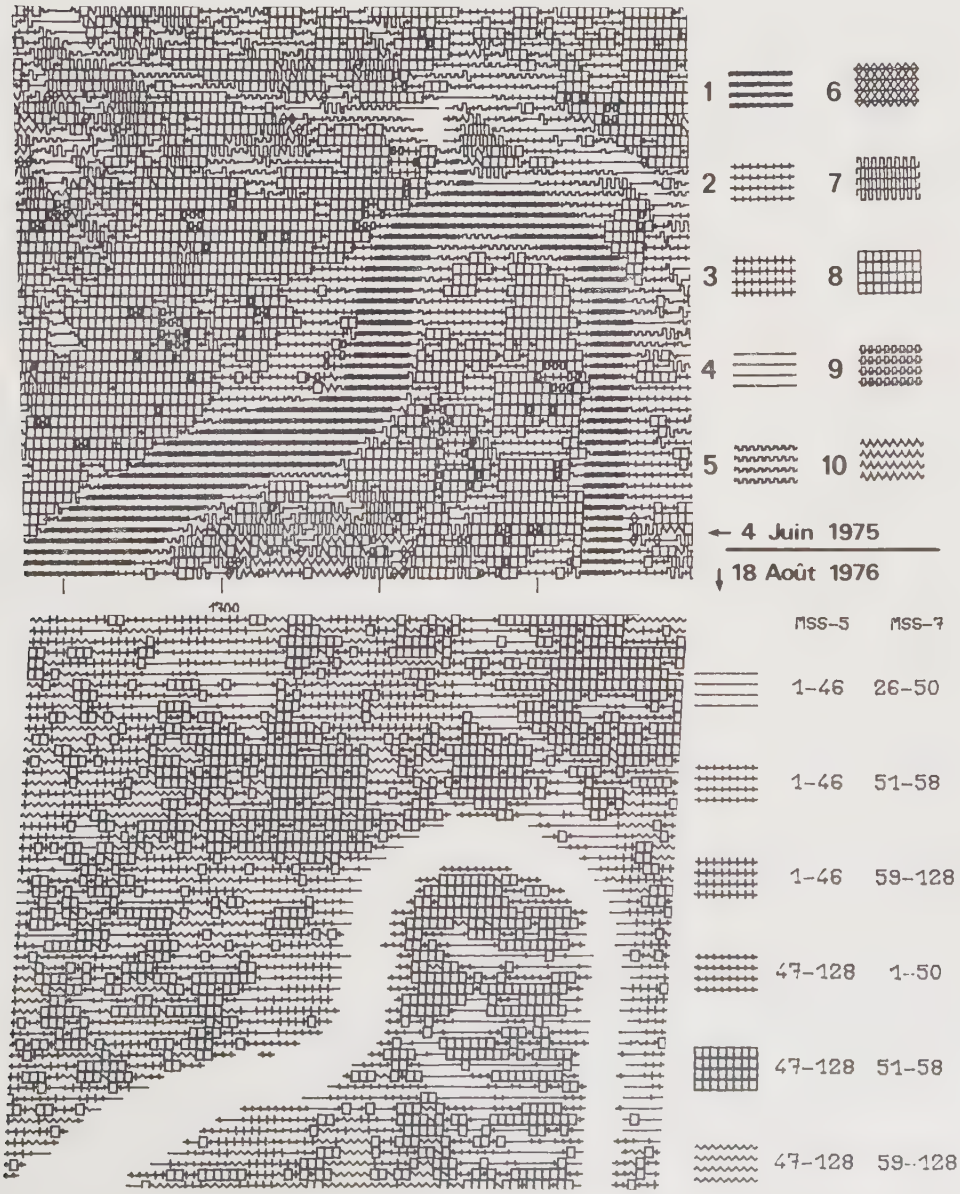


Figure 269 :
Les marais de Lupin, 1973 - 1976



Neuf «zones test» ont été retenues : abords immédiats de la ferme de l'INRA (A), parcelles des Gagneries (B), des Penardes (C) ou des Quarante Journaux, à l'est de la Basse Roche (D) ; de part et d'autre de la digue proche de la Pointe de la Parpagnole, les marais (E) s'opposent au schorre (F). Au delà du cours de la Charente, dans la prise de la Pointe Sans Fin, un secteur nord-ouest (G), un secteur ouest (H) un secteur est (J), proche de Rochefort peuvent être distingués. Ces différentes zones apparaissent différemment à une même date, et d'une date à l'autre. Le tableau suivant rassemble les caractères de l'humidité et de la phénologie combinées du milieu ainsi décelés et rappelle les facteurs principaux intervenant dans la signature multispectrale de chaque zone-test. (Chaque signature dépend évidemment des conditions climatiques, rappelées ci-dessus à propos du marais de Voutron, p. 379).

Chaque signature multispectrale établie à partir des bandes spectrales 7 et 5 dénote principalement la quantité d'eau contenue dans le pixel (eau du sol et eau «évapotranspirée» par la végétation), et la qualité même de cette végétation (taux de couverture du sol, état phénologique).

Ces caractères apparaissent bien sur la série de cartes, où les zones test se classent en fonction de leur capacité à retenir l'eau dans des conditions climatiques assez sèches dans l'ensemble : la différence entre les précipitations et l'évapotranspiration potentielle à St Laurent (INRA) pour la décade précédant l'enregistrement étant respectivement de 18,0 mm en 1973, - 3,3 mm en 1975 et - 24,7 mm en 1976). Lorsque la sécheresse est peu accusée (juin 1975), seules s'identifient les régions les plus basses, proches des digues dans ces marais à disposition conforme (E, G) ; au fur et à mesure que la sécheresse progresse, les zones encadrant les anciens chenaux de marée plus bas ou les parcelles de taille réduite entre les fossés paraissent seuls humides (juillet 1973, D, E, G, H) ; un degré supplémentaire dans la sécheresse et seules quelques zones basses peuvent encore profiter de l'humidité persistant dans l'axe ou à proximité des anciens chenaux de marée (C, D, E) : c'est dire l'importance encore actuelle de ces anciens chenaux.

L'activité phénologique intervient pour moduler l'humidité du milieu enregistrée par Landsat : les zones de végétation «naturelle», les pacages moins entretenus s'individualisent facilement en été ici (B.J.) comme dans le marais de Fouras ; les prairies fauchées par contre, ou mieux entretenues, aux sols moins compacts se distinguent plus facilement lors des étés plus secs qu'en juin 1975. Par ailleurs, les schorres de la Parpagnole ne peuvent être distingués des marais humides proches qu'en août 1976, vers la fin d'une période de déchet où les pleines mers n'ont pas recouvert le schorre depuis plusieurs jours (cœfficient 42).

Il est donc nécessaire de pouvoir disposer d'une série de cartes unitemporelles non seulement pour identifier avec précision différents éléments du paysage (marais humides et schorre par exemple), mais aussi pour mettre en évidence des qualités différentes du milieu des marais (opposition ouest - est dans les marais de la Pointe Sans Fin, nuances nord - sud dans les marais de St Laurent, de Fouras et d'Yves, etc...), et suivre au cours du temps leur évolution : ainsi peut-on espérer établir une classification des régions du marais en fonction de l'humidité du milieu dans différentes conditions climatiques, et suivre l'évolution de cette humidité saison après saison, comme au nord-ouest de la Pointe Sans Fin. La poursuite des enregistrements Landsat et des traitements cartographiques ouvre cette possibilité d'une cartographie cinématique des zones humides à différents stades du développement des plantes et dans des conditions climatiques variées.

Zone		11 juillet 1973	4 juin 1975	18 août 1976	facteurs responsables
		Humidité	Humidité	Humidité	
A	Ferme INRA	moyenne	moyenne	forte	cultures expérimentales, arrosage (?)
B	Les Gagneries	moyenne	moyenne	moyenne	marais plats en pacages avec quelques parcelles cultivées
C	Les Pénardes	moyenne	moyenne	forte	marais plat découpé en parcelles plus petites ; anciens chenaux de marée
D	Les Quarante Journaux	forte	moyen	forte	petites parcelles, ancien chenal de marée assez large, zone déprimée (?)
E	W Parpagnole	très forte	forte	forte	zone très basse en arrière de la digue (cf *figure 159*)
F	schorre Parpagnole	humide	humide	humide	submersion par les pleines mers précédentes ; présence de mares et de chenaux, tapis végétal pérenne (phénologie)
G	Pointe Sans Fin NW	forte	forte	moyenne	prés déprimés, conservant bien l'humidité en période moyennement sèche
H	Pointe Sans Fin W	forte	moyenne	moyenne	prés mieux entretenus (fauchage, quelques prairies artificielles)
J	Pointe Sans Fin E	moyenne	moyenne	moyenne	prairies permanentes dominantes

Tableau 60 :

Les marais de la Basse Charente de 1973 à 1976 : évolution de l'humidité

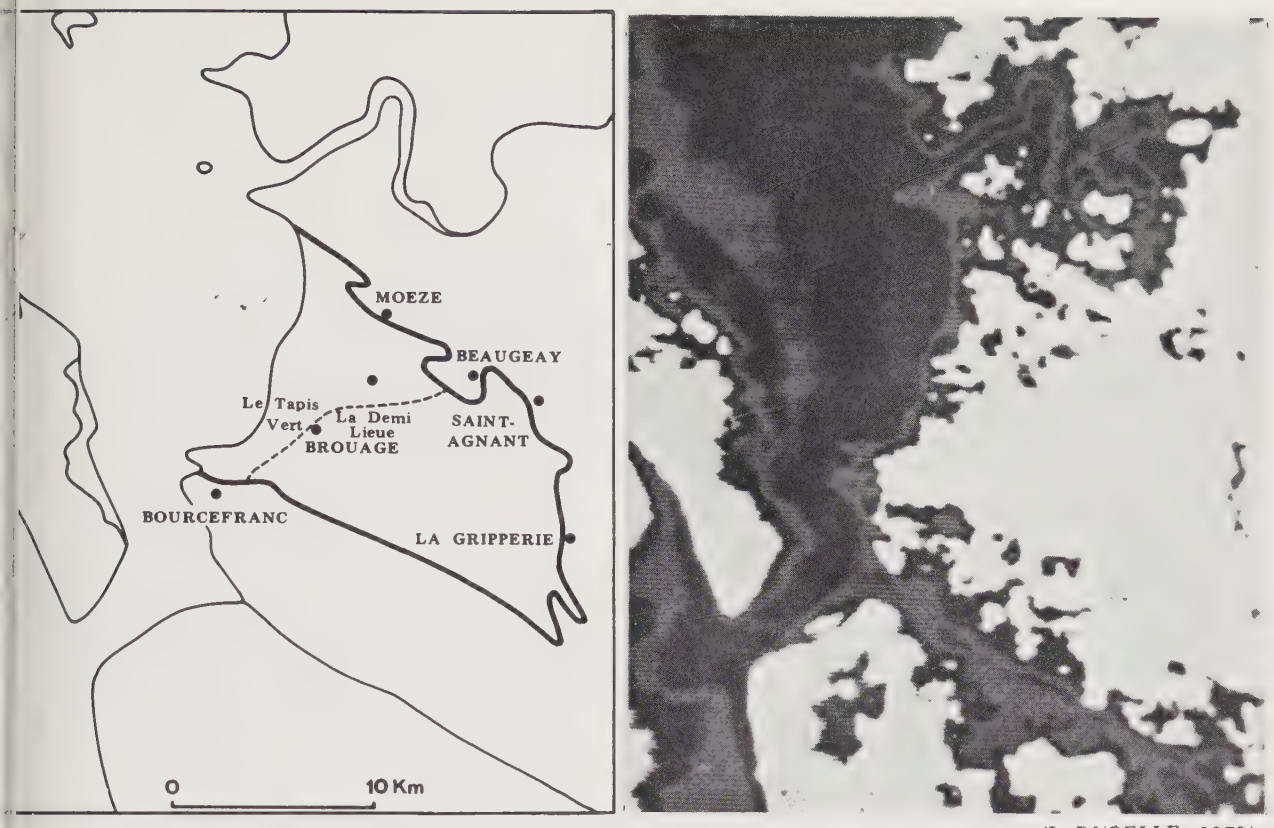


image GDTA, bande spectrale 5 ; traitement ARISTIDE (J. RUDELLE, 1979).

Figure 270 :

Les marais de Moëze en 1977
Traitement «ARISTIDE» (J. RUDELLE)

3 - Les marais de Moëze

Les marais de Moëze, marais gâts pour l'essentiel *(supra, figure 83, p. 136)* commencent à connaître un changement complet de paysage, par le nivellement des anciens marais salants et la culture de maïs. Ce phénomène encore très peu développé en 1973 *(figure 235)* s'est amplifié depuis, comme en témoignent les données de 1977. Avant de réaliser une carte infographique, on a procédé à un traitement sur l'appareil ARISTIDE : il sera ainsi possible de comparer cette *figure 270* avec la *figure 240,* obtenue de la même façon.

L'échelle du traitement ARISTIDE est inférieure à celle des cartes infographiques ; il serait donc assez vain de vouloir y localiser précisément les parcelles ; d'autre part, ce document n'utilise qu'une seule bande spectrale (5) et non deux, comme les cartes infographiques. La rapidité d'exécution (et l'absence d'encombrement du système) rend possible la mise en évidence de phénomènes généraux ; il pourra être possible ultérieurement d'utiliser ce document comme un moyen de préassistance (graphique et qualitative) pour la détermination des signatures spectrales des paysages (Y. DEMARCQ, R. REGRAIN, J. RUDELLE, 1979).

La *figure 270* (négatif) met bien en évidence divers aspects des paysages dans le marais de Brouage, de part et d'autre d'une ligne qui irait de Bourcefranc à Brouage et Beaugeay. Au sud, des aspects blanchâtres, tachetés, identifient des marais présentant une faible luminance dans le vert-jaune ; il s'agit de prés de marais commençant à souffrir sérieusement de la sécheresse, et dont le tapis végétal présente l'aspect caractéristique des marais en été («paillasson» des exploitants agricoles) ; les zones les plus atteintes, vers St Agnant - la Gripperie à l'est présentent par ailleurs des parcelles plus petites et correspondent aux marais gâts les plus anciennement abandonnés avec de nombreux bassins couverts de roseaux ou de carex parfois fauchés ou de bosses étroites couvertes d'herbes hautes et sèches. Au nord de cette ligne, par contre, le paysage montre des luminances plus fortes dans le vert jaune : la végétation y est en meilleure santé, dans les marais plats duTapis Vert, au sud-ouest (cultures de maïs ou prés fauchés dans lequel le regain commence à pousser) ; dans les marais de Moëze, les régions cultivées (maïs essentiellement, vert à cette période de l'année) s'identifient par des taches noires (image négative) : les secteurs de Loubresse, de la Demi Lieue où les marais gâts ont été récemment nivelés se détachent facilement. Plus à l'ouest, les prises littorales, plus humides donc souffrant moins de la sécheresse, répondent de la même façon dans cette bande spectrale.

Ce traitement ARISTIDE à une échelle proche de 1/250 000 n'autorise pas d'interprétation plus précise, possible en utilisant le caractère multispectral des données et la cartographie infographique. Il permet néanmoins de mettre en évidence la progression de la rénovation agricole dans les marais de Moëze, le véritable bouleversement des paysages au moment même où il s'effectue.

Le caractère répétitif des données Landsat permet donc de suivre l'évolution des paysages dans une double perspective : analyse des modifications saisonnières des paysages, analyse des changements à l'échelle pluri-annuelle.

L'analyse des variations saisonnières a été esquissée. En effet, bien que des enregistrements aient eu lieu en toutes saisons (tableau 53), la présence de nuages ou de brumes, mais surtout les conditions climatiques locales ont fait que, par exemple, aucune situation de saison humide avec inondation partielle n'a été enregistrée. Les données utilisées provenant d'époques peu humides montrent des situations variées dans une gamme malgré tout peu arrosée : aucune de ces données ne correspond à des pluviométries supérieures à 21,5 mm de précipitations cumulées en 10 jours (le 11 juillet 1973) ; en tenant compte de l'évapotranspiration potentielle (mesurée a La Rochelle), la quantité résiduelle d'eau dans le sol pendant les 10 jours précédant l'enregistrement serait de :*

(11,8 mm le 22 septembre 1975)
8,2 mm le 19 décembre 1975
1,9 mm le 4 juin 1975
- 11,2 mm le 9 mars 1976
- 26,4 mm le 11 juillet 1973
- 34,1 mm le 18 août 1976

*Ces enregistrements Landsat montrent donc le comportement des paysages de marais en saison sèche**. Cette contrainte a permis d'observer les changements principaux des paysages : les sols imperméables sur bri possèdent une réserve d'eau utilisable par les plantes réduite et la sécheresse entraîne des conditions de vie plus difficiles mais différentes selon les modes d'utilisation du sol anciens et actuels. Grâce à la télédétection par satellite on obtient donc un diagnostic instantané des réponses du tapis végétal à cette contrainte ; les différenciations physionomiques enregistrées par les capteurs de télédétection constituent un écho de la «qualité de la vie» dans le milieu considéré. Lorsque la sécheresse s'accentue (juillet 1973, août 1976), le sol se craquelle, la végétation jaunit et les pâtures se distinguent plus difficilement des zones dépourvues de végétation : il devient possible de procéder à un classement des régions du marais selon leur comportement lors de la sécheresse estivale.*

Les phénomènes d'évolution s'étalant sur toute la période considérée, en particulier les changements dans l'occupation du sol peuvent être suivis : dans les marais de Rochefort, le nivellement des cordons des Fontaines par exemple était déjà réalisé en 1973, mais l'extension récente des travaux de drainage et des labours à proximité de l'Ile d'Albe peuvent être suivis en comparant 1973, 1975 et 1977 sur les images comme sur les cartes infographiques (partie nord-ouest du marais de Rochefort). Dans les marais de Moëze le phénomène est moins avancé, mais les secteurs de Monportail au nord-ouest, de la Demi-Lieue et des environs de Loubresse passent progressivement de l'état de pacages à celui de terres labourées.

Dans les Marais Charentais, ces changements dans l'occupation du sol ou l'affectation des terres ne constituent pas seulement un phénomène intéressant la géographie rurale ; à Moëze comme à Yves, les labours progressent principalement aux dépens de marais gâts qui sont nivelés. Des formes du relief construites par l'homme, sont ainsi rayées de la carte et des paysages faisant alterner zones humides (bassins), zones sèches (bossis) et toute une série de «topoclimats», de «micromilieux» et de formations végétales sont remplacés par des surfaces à peu près horizontales, des terres de cultures où des drains enterrés succèdent à des fossés à ciel ouvert. Le paysage qui est en train de s'établir dans les Marais Charentais est celui des marais desséchés, se substituant au paysage des marais gâts : les enregistrements de télédétection par satellite permettent ainsi de suivre les premières étapes d'une transformation spectaculaire des paysages.

* Mais 36,6 mm le 22 septembre 1975.

** La poursuite des enregistrements de télédétection permettra sans doute d'obtenir des données de saison humide, voire d'observer des zones inondées, comme dans le Marais Breton : F. VERGER, 1978).

CONCLUSION

Esquisser un bilan de l'«état de l'art» en matière de télédétection est une gageure : dans ce domaine plus encore que dans d'autres secteurs de l'activité scientifique, ce qui paraît acquis est dépassé au moment de sa publication et risque de présenter «le parfum suranné des choses désuètes» quelques années après. Le développement des données, la multiplication des thèmes possibles de recherche, des équipes de chercheurs se consacrant totalement ou partiellement à la télédétection, la variété des matériels de traitement des informations - en cours de révolution avec l'introduction des microprocesseurs et le perfectionnement des écrans vidéo -, le caractère de plus en plus sophistiqué des instruments mathématiques, ainsi que la variété des problèmes pratiques d'aménagement du territoire pour lesquels la télédétection est apte à fournir des informations indispensables, sont à l'origine d'un foisonnement bibliographique impossible à maîtriser.

I - L'INTERPRETATION DES DONNÉES DE TÉLÉDECTION

A partir des travaux effectués sur les littoraux, et particulièrement par l'Equipe FRALIT (1977, 1979) sur le littoral atlantique de la France, le Marais Poitevin et les Marais Charentais, il est néanmoins possible de montrer quels problèmes généraux la télédétection permet de résoudre ou pose de façon particulière, tant sur le plan des méthodes de recherche que sur le plan de la connaissance régionale des Marais Charentais.

La télédétection, considérée comme méthode de recherche, a été utilisée en complément des connaissances déjà acquises sur les Marais Charentais. On s'est efforcé de vérifier qu'elle pouvait servir à identifier rapidement des paysages ou des phénomènes déjà connus «au sol», et contribuer à révéler des phénomènes mal entrevus ou insoupçonnés lors des études analytiques et thématiques partielles réalisées précédemment.

a) L'identification des paysages

La télédétection par satellites, dans les bandes spectrales de Landsat, a permis d'identifier des paysages déjà connus au sol et d'en réaliser une cartographie à partir des quantités d'énergie réfléchies dans chacune des bandes spectrales utilisées.

Dans cet esprit la *figure 271* tente de représenter les différents flux d'informations nécessaires pour une opération de télédétection. Une certaine quantité d'énergie réfléchie ou émise par un paysage est recueillie par un capteur ; elle fait l'objet de différents traitements aboutissant à un document (image, bande numérique) utilisable par un interprète. En fonction de l'interprétation donnée, le but de l'opération (publications et / ou applications sur le paysage objet de l'étude) est atteint. Dans le cas contraire, un nouveau protocole d'expérimentation peut être défini.

Une fois construits les systèmes d'enregistrement et de transmission des variations d'énergie, la *phase critique du processus se situe au niveau de l'interprétation des données enregistrées.* L'interprète dispose d'une part des informations enregistrées par le capteur de télédétection, d'autre part de la connaissance du terrain, paramètres constants accessibles par les cartes et la bibliographie, observations de terrain effectuées de façon discontinue (missions photographiques, enregistrements des postes climatiques, etc...), paramètres fugitifs notés à l'occasion de missions spéciales simultanées, d'enregistrements continus sur des parcelles d'expérimentation, etc... En fonction de tous ces paramètres, on s'efforce d'établir une correspondance entre les quantités d'énergie recueillies dans différentes longueurs d'onde et déterminant les mappons, les concepts ou taxons et les paysages connus ou phénons.

L'identification des paysages fut assez rapidement résolue, dès que la localisation précise a été assurée. Les observations les plus originales ont pu être effectuées en Mer des Pertuis, région où la cinématique des éléments en suspension n'avait jamais pu être observée à cette échelle (M. NICHOLS, 1974), mais la poursuite des travaux montre des phénomènes infiniment plus complexes, qu'une approche de type photo-interprétation est sans doute impuissante à révéler (travaux en cours, entre autres, de Y.F. THOMAS). La nature biologique ou minérale des éléments en suspension, les caractéristiques physiques de l'eau de mer et des basses couches de l'atmosphère au moment même de l'enregistrement figurent parmi les paramètres principaux à identifier et quantifier. Le problème essentiel est ici de pouvoir disposer de données «au sol» pour «caler» les interprétations.

Dans les domaines continentaux qui nous préoccupent davantage ici, les résultats ont été moins spectaculaires ; il a été possible d'identifier et de cartographier les paysages des marais maritimes et d'en suivre l'évolution en jouant sur la date d'enregistrement, en tenant compte des paramètres climatiques et phénologiques.

Dans la phase actuelle, la mise au point des techniques et méthodes d'identification et de cartographie a surtout retenu l'attention. Il importe désormais de passer à un autre stade : réalisation pratique de cartes directement utilisables pour la gestion de l'espace (Y. DEMARCQ, R. REGRAIN, J. RUDELLE, 1979, Equipe FRALIT, 1979), par la mise en œuvre des méthodes de traitement les plus pertinentes en fonction du problème posé.

Si la télédétection par satellites a pu, dans un premier temps, re-connaître et localiser des paysages physiographiques déjà connus au sol, son apport essentiel a consisté à montrer des phénomènes insuffisamment mis en évidence par d'autres méthodes, voire à révéler des phénomènes inconnus. L'enregistrement des données, effectué par taches élémentaires successives, à l'intérieur de bandes spectrales déterminées, à une

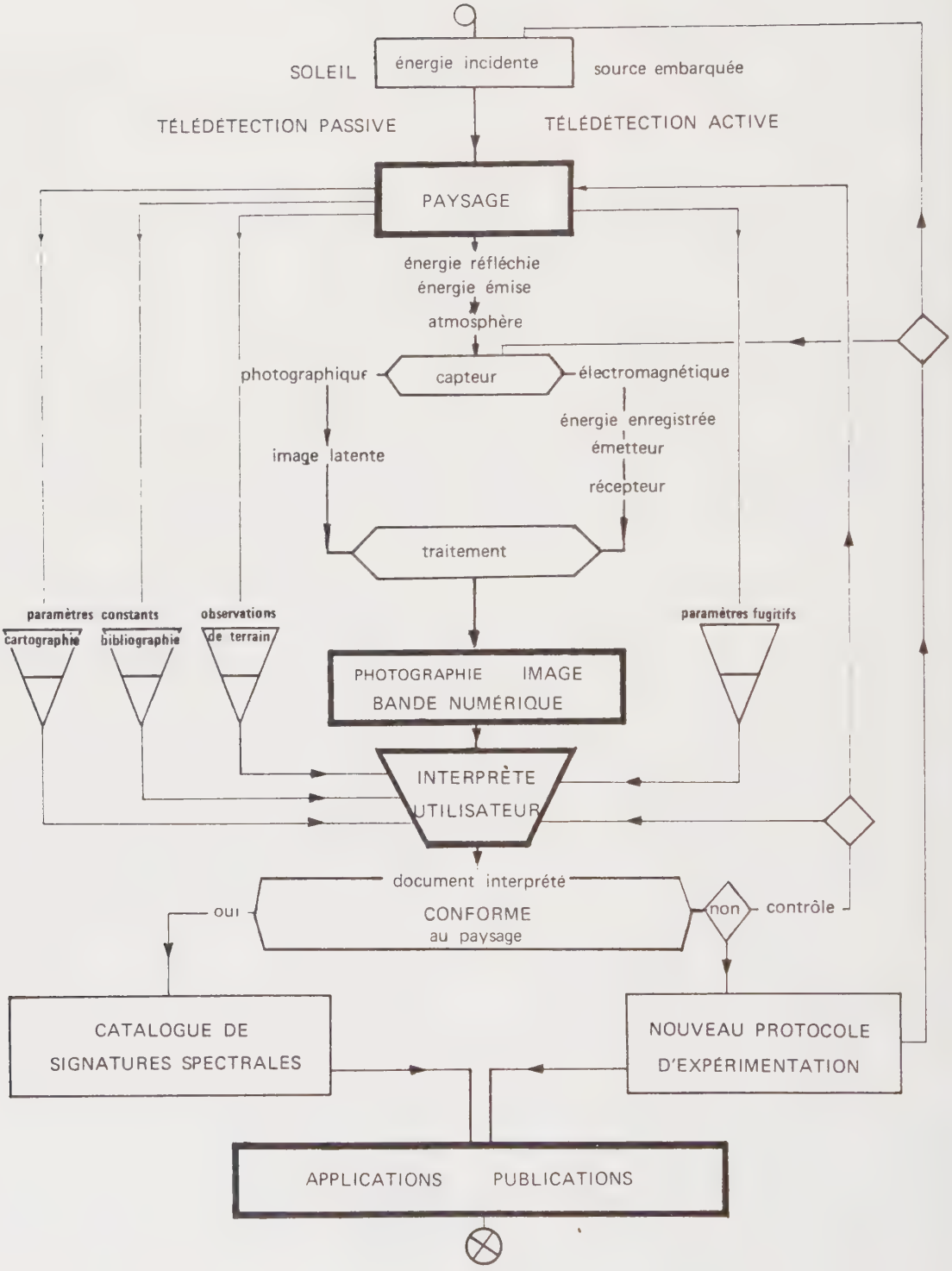


Figure 271 :
Ordinogramme des flux d'information dans une opération de télédétection

échelle inhabituelle, intégre les paramètres structurels et fugitifs des paysages. A partir de ces données, différents modes de traitement concourent à faire apparaître des aspects «nouveaux» dans les régions étudiées. L'interprétation des données de télédétection par satellite nécessite une sorte de diagnostic, résultant comme en matière médicale*, d'un «dialogue singulier» entre un interprète et le document visualisé.

Le moment de l'enregistrement, par ses paramètres structurels (région étudiée, formation végétale, relief et structure, mode d'occupation du sol, etc...) et ses paramètres fugitifs (états de l'eau dans le paysage, présence d'aérosols, valeur de l'éclairement solaire, état phénologique précis, phase instantanée d'une évolution en cours, etc...), influence l'intensité des radiations enregistrées, quelle que soit la bande spectrale utilisée. A un instant précis, des paysages particuliers (labours en hiver, prairies en été sec, slikkes à marée descendante, etc...), montrent des physionomies caractéristiques, coïncidant ou non avec l'image mentale, théorique que chaque spécialiste possède les concernant. Pour reprendre les termes de J. BOULAINE (1978), le «phénon» instantané peut ne pas correspondre strictement au «taxon», unité conceptuelle intégrant diverses connaissances sur différents aspects de phénons variés.

A un instant précis est enregistrée une série de taches élémentaires, unités d'informations («a-tomes» au sens étymologique) correspondant à une dimension donnée - et invariable - du paysage. Deux problèmes voisins se posent alors : quelle est l'apparence des paysages connus au sol, vus à travers cette grille des taches élémentaires, et quel est le contenu réel (géographique) de chaque tache élémentaire ? Que deviendrait par exemple, telle symphonie musicale si, au lieu de pouvoir en identifier les notes successivement avec leurs valeurs, notre oreille ne percevait que les mesures successives, chaque mesure étant constituée par une note synthétique correspondant à ... 1 cm de portée, par exemple ? La tache élémentaire d'enregistrement correspond à cette mesure : l'on conçoit que la symphonie des «mappons», unités cartographiques écrites à partir des «notes globales» entendues ne corresponde pas toujours au souvenir de la symphonie écoutée par ailleurs et mémorisée («taxons» de J. BOULAINE) ! Cette «musique contemporaine» n'est pas sans intérêt comme on a pu le voir supra, même et surtout si elle conduit à remettre en cause quelques distinctions qui paraissaient bien établies : il en a été ainsi de la distinction marais gâts - marais plats.

Les taches élémentaires successives sont enregistrées sur bandes numériques dont on extrait divers types d'images. On sait que l'une des caractéristiques des images de télédétection par satellite qui ont permis aux Sciences de la Terre et de l'Environnement de progresser est leur **constance d'échelle, sur de vastes régions,** les échelles courantes variant du millionième au deux cent millième. Bien que cet aspect n'ait pas été systématiquement exploré ici, on a pu montrer que les **«linéaments»** de l'Aunis et de la Saintonge recoupaient largement les axes tectoniques mis en évidence au sol et sur photographies aériennes. Par ailleurs, le passage de l'étude au sol aux photographies aériennes à 1/15 000, à 1/25 000, à 1/50 000 puis aux images de satellite a amené à prendre mieux conscience de l'existence **d'échelles sensibles de diagnostic** pour chaque problème particulier : les régions ostréicoles de quelque ampleur se distinguent au millionième, mais les claires hautes, de substitution, les claires basses en position frontale, les marais à poissons ne se distinguent qu'à partir du 1/100 000, et ne se cartographient de façon précise qu'au 1/10 000. C'est sans doute là un des apports méthodologiques essentiels des images de satellites aux problèmes d'aménagement comme à la Géographie.

Les enregistrements de télédétection présentent un caractère multispectral inconnu dans les autres types de documents utilisés pour les études régionales ; ainsi peuvent être identifiés certains phénomènes simples, d'accès difficile par d'autres méthodes. Il en est ainsi de l'humidité du milieu - intégrant l'humidité du sol, mais aussi les effets du tapis végétal - dont les enregistrements dans l'infrarouge et l'orangé permettent une approche rapide ; si l'établissement de cartes de reconnaissance est quasi-immédiate, leur interprétation nécessite une connaissance encore plus intime du milieu considéré.

Dans les marais littoraux, d'autres phénomènes concernant l'utilisation du sol (écho de certains paramètres d'origine naturelle plus ou moins interprétés par l'homme), les qualités des pâtures ou l'évolution des paysages ont pu être mis en évidence. La cartographie automatique des données de télédétection par satellite permet de réaliser une cartographie à un moment donné et d'en suivre l'évolution.

Grâce à la télédétection multispectrale par satellite, dès qu'un phénomène peut être localisé, une signature multispectrale peut être déterminée, et une carte thématique provisoire réalisée. L'existence de différentes bandes spectrales permet de tester la pertinence des signatures multispectrales instantanées (cas des marais de la Basse Charente), puis des signatures multispectrales multitemporelles si on utilise plusieurs enregistrements effectués dans des conditions différentes (marais d'Yves).

C'est alors qu'apparaissent des aspects mal identifiés de paysages connus par d'autres méthodes. A la limite, ces aspects mal identifiés constituent des «bruits» empêchant la définition de la signature multispectrale : ainsi pour le bruit créé par la présence de surfaces en eau dans le paysage lors de la recherche de la signature multispectrale des marais gâts. Sur ce cas particulier, on a été conduit à étudier particulièrement cet élément par ailleurs fondamental dans les marais maritimes.

b) Diversité des méthodes

Enfin, les méthodes si diverses de traitement de l'information qui peuvent être utilisées pour maîtriser le flot des données de télédétection par satellites sont plus ou moins adaptées à tel problème particulier. Les traitements photographiques à partir d'images, traitements photographiques «bruts» ou électroniquement assistés, permettent une exploitation rapide et un inventaire à petite échelle des phénomènes existant sur une région donnée - jusqu'au deux cent millième environ - Si l'on désire un inventaire plus détaillé et des résultats quantitatifs, il faut faire appel aux données numériques d'enregistrement, qui peuvent donner lieu à un nombre élevé de traitements. Les types de traitement appartiennent de façon classique à deux modes, le **mode supervisé** qui effectue un classement (Conseil de l'Europe, 1977, p. 298), c'est-à-dire une répartition à priori d'éléments d'image en un certain nombre de

* Ou plutôt vétérinaire, le «patient» n'utilisant pas le langage de l'interprète.

classes et le **mode non supervisé**. Sur les Marais Charentais le mode supervisé a été seul utilisé.

La visualisation des résultats des traitements a été effectuée principalement sur table traçante, en raison de la grande précision du dessin et de la possibilité d'obtenir des planches directement utilisables pour l'impression en couleurs. Pour les étapes intermédiaires cependant (mise au point des légendes multispectrales, détermination des signes graphiques en fonction de l'échelle de l'étude et du phénomène à mettre en évidence, etc...) l'emploi d'une console vidéo paraît nécessaire. Ces «infographies vidéo» ou «vidéo-cartes» intermédiaires constituent une étape essentielle du dialogue homme-machine, le support privilégié de l'activité interactive ; par contre la meilleure sortie graphique en vue de la publication, du dialogue interprète-utilisateur est la carte infographique.

Quels que soient les caractères des données, les types de traitement auxquels elles sont soumises, le sujet sur lequel elles sont interrogées, leur interprétation constitue une sorte de «dialogue singulier», dans lequel il n'est pas évident que le langage de l'interprète soit le «langage» du capteur sensible à une bande spectrale donnée à propos du paysage considéré.

Chaque fois qu'un problème «trivial» a été posé aux données de télédétection, quelles que soient l'échelle ou la combinaison multispectrale considérées, en plus de la définition de cette scène est intervenue soit une **confusion** entre des paysages que nos sens reconnaissent comme différents (cultures maraîchères et slikkes par exemple, soit une **hyperdistinction** (marais plats de Brouage par exemple), à l'intérieur de paysages dont l'uniformité physionomique paraissait bien établie. Confusion et hyperdistinction n'affectent le plus souvent qu'une part modeste des données traitées, environ 10 %, mais ce résidu est extrêmement significatif et souligne à notre sens l'inadéquation de la question posée par rapport aux réponses possibles. En effet, la question est posée en fonction d'une taxonomie, d'un ensemble de concepts concernant un paysage observé avec des capteurs synthétiques (les yeux) dont les informations ont été traitées par diverses problématiques scientifiques, analytiques. Par contre les données de télédétection sont analytiques au sens spectral (elles ne concernent qu'une petite partie du spectre) et synthétiques au sens spatial ; elles font ensuite l'objet de procédures automatiques d'agrégation (J.M. MONGET, 1973 ; N.H.W. DONKER, N.J. MULDER, 1977, Equipe FRALIT, 1977 ; etc...) et de segmentation. Les caractéristiques des paysages sont enregistrées par l'intermédiaire de capteurs dont les sensibilités, le plus souvent quelconques par rapport à l'objectif de la recherche, sont modulées par l'atmosphère milieu de transmission et reconstituées, calibrées «prétraitées» dans les centres de réception et de diffusion des données. On conçoit dès lors que les mappons obtenus après traitement puissent ne pas correspondre aux taxons, unités conceptuelles issues d'observations globales, à l'œil, traitées grâce aux diverses disciplines scientifiques et grâce à l'intelligence humaine. C'est pourquoi la notion de néotaxonomie a pu être proposée.

c) Vers une néotaxonomie

Des bandes spectrales d'enregistrement présentent chacune une pertinence particulière pour un ou des objets précis. Dans le domaine continental, le canal 4 (et aussi 5) identifie bien par exemple les régions dépourvues de végétation, les surfaces «minérales» ; le canal 5 repère facilement le tapis végétal et le canal 7 les zones plus ou moins humides, l'eau (il ne s'agit évidemment là que de simplifications). Or, les paysages terrestres résultent de la couverture végétale d'espaces (à l'origine) minéraux, grâce à l'énergie diffusée par le Soleil et captée par les plantes pour synthétiser la matière organique à partir d'eau et de sels minéraux. Les paysages que nous connaissons au sol peuvent donc se ramener, en première approximation, à ces trois composants principaux, l'espace minéral, les surfaces en eau et les surfaces végétalisées. Les paysages des Marais Charentais se classent alors, comme sur la *figure 272**. Des confusions entre paysages (prés et marais gâts, banlieues, labours et slikkes par exemple) apparaissent, mais aussi des possibilités de distinction entre les marais gâts selon la fréquence des surfaces en eau. Ainsi, un marais gât asséché occupant par exemple la position 1, viendra en 2 s'il est coupé par un fossé, en 3 s'il est couvert de plantes se développant sur un fond humide, en 4 si ces plantes sont fauchées, en 5 si les bosses en sont labourées, etc... A côté de ces différences spatiales, chaque élément de paysage connaît une évolution dans le temps : ainsi un ensemble de claires sera en I au moment du parage, lorsque l'eau est évacuée pour la rénovation du bassin, en II le plus souvent s'il s'agit d'une claire de substitution en eau, en III s'il s'agit d'une claire basse, à marée basse, en IV à pleine mer, etc...

Dans la mesure où ces différentes unités de paysage couvrent plusieurs pixels, elles pourront apparaître soit comme des unités spatiales (10 pixels environ au minimum), soit comme des perturbations localisées, un ou deux pixels ayant des réponses légèrement différentes. En fonction du problème posé et de l'échelle du traitement, l'accent sera mis sur l'une ou l'autre dimension : la néotaxonomie permet ainsi de mieux mettre en évidence certaines des caractéristiques des paysages que diverses disciplines analytiques ont pu négliger.

2 - LE BILAN DE LA TÉLÉDÉTECTION SUR LES MARAIS CHARENTAIS

Sur les Marais Charentais, la télédétection a été considérée comme une méthode de recherche qui s'ajoutait aux autres pour une meilleure connaissance du milieu, plutôt qu'elle ne les remplaçait : cette vue classique s'est trouvée confortée au cours des recherches. L'utilisation des données de télédétection par satellite a en effet rencontré un certain nombre de difficultés dans les domaines de l'obtention et du traitement des données, de l'identification des éléments de paysage et de leur cartographie ; mais elle a permis de faire progresser les connaissances, pour le choix de la méthode de traitement en fonction du problème posé et de la réponse attendue, ainsi que pour l'identification et la cartographie des paysages.

a) Les difficultés

Les difficultés d'obtention et de traitement des données ne doivent pas être celées, même s'il est difficile de les résoudre : pour l'utilisateur non privilégié, un délai d'au moins six mois sépare l'enregistrement de la communication des données. Un tel délai est suffisant pour que la mémoire des scientifiques et des exploitants agricoles se soit émoussée quant aux paramètres climatiques, phénologiques et quant aux paramètres fugitifs d'une façon générale. Une grande partie des difficultés d'identification trouve là sa source. Aux U.S.A. par contre, les expériences conjuguées enregistrement de té-

* La figure 272 est page 422

lédétection / observations au sol se sont montrées particulièrement intéressantes et «rentables». Le traitement informatisé des données nécessite d'autre part l'accès à des moyens (ordinateurs et périphériques) insuffisamment répandus.

L'identification des paysages des Marais Charentais n'a pas été pleinement réussie, mais ce phénomène est quasi-général lorsque l'on pose à une nouvelle technique des questions dont on connaît la réponse, provenant de l'utilisation d'autres techniques : il en fut ainsi de la distinction marais gâts / marais plats, pour les enregistrements utilisés. Il est possible que d'autres données, enregistrées dans des conditions climatologiques différentes permettent ce type de distinction (série de données en année humide en particulier) : la confusion marais humide / schorre près de La Parpagnole a pu être résolue dans cette perspective diachronique. Si l'opinion de M. HAEFNER (in Conseil de l'Europe, 1978, p. 121) pour lequel «il est difficile pour ne pas dire impossible de satisfaire aux exigences de gens connaissant bien la zone sur laquelle on a effectué une classification» correspond à l'idée que l'on se fait de toute nouvelle technique, l'expérience réalisée sur les Marais Charentais a montré que si les paysages identifiés par d'autres méthodes (photographies aériennes) n'ont pas été toujours strictement retrouvés, d'autres caractéristiques de ces mêmes paysages, non moins importantes en particulier pour l'aménagement, ont pu être mises en évidence.

Dans une étude où le souci cartographique était primordial, il est apparu que le traitement des images, même assisté électroniquement, ne pouvait guère donner lieu à des cartes dont l'échelle soit inférieure à 1/200 000, (sauf agrandissement photographique). A cette échelle, si les marais pouvaient s'identifier par rapport aux paysages continentaux, il était vain d'espérer étudier en détail les paysages des seuls marais. Le recours aux données numériques, cartographiables à des échelles voisines de 1/50 000 était donc nécessaire. A côté des méthodes non supervisées, l'emploi de méthodes supervisées a conduit à identifier des facteurs insuffisamment connus du paysage, sans maîtriser toutefois l'ensemble des informations utilisables. Il y a donc là une voie possible pour prolonger ces recherches, par un dialogue géographe-informaticien et géographe-aménageur en particulier.

b) Les apports nouveaux

A côté de ces difficultés, qui sont apparues progressivement au cours des recherches et n'ont pu être résolues au stade actuel, le bilan des apports de la télédétection par satellites sur les Marais Charentais comprend une série d'éléments positifs, en mesure de passer du plan expérimental au plan pratique, celui de l'aménagement ou d'une conservation dynamique des paysages. Trois thèmes principaux peuvent être retenus : mise en évidence de facteurs insuffisamment soulignés des paysages, cartographie exhaustive impossible à réaliser par d'autres méthodes, meilleure connaissance des Marais Charentais, certaines de leurs caractéristiques n'étant guère accessibles que *via* la télédétection par satellites enfin.

La démarche analytique de la science avait conduit à mettre en évidence quelques-unes des caractéristiques des paysages des Marais Charentais, à des échelles oscillant entre le dix et le cinquante millième. Les données de télédétection par satellite constituant dès l'origine une vue globale sur le paysage ont mis en évidence un autre ensemble de caractéristiques des marais sans que ces deux ensembles se superposent exactement. Ainsi, au sol, un marais gât est une zone marquée d'abord par son relief d'origine anthropique, une mosaïque végétale particulière liée principalement aux dénivelées du sol. Sur les enregistrements de satellite, c'est la fréquence de l'eau qui permet de distinguer les marais gâts des marais plats. Les marais gâts humides de St-Just par exemple *(figure 259, supra)* appartiennent alors à une lignée marais gâts / marais à poissons / marais gâts reconvertis en claires / claires en position frontale, etc... alors que les marais gâts plus secs des marais de Voutron ou de St Jean-d'Angle se rapprochent davantage d'une lignée marais gâts secs / prés sur marais plats / prés sur continent. Les données de télédétection par satellite constituent donc un «corpus» où l'on peut puiser des informations concernant l'humidité du milieu (et non seulement du sol) et éventuellement apprécier l'impact des travaux en cours (Moëze, Voutron) ; la classification des paysages du marais en fonction de leur humidité, esquissée sur les marais de Voutron et de la Basse Charente pourra à l'avenir faire l'objet de recherches appliquées particulières.

A côté de cette contribution à la cartographie des zones humides, diverses nuances apparues sur les cartes infographiques correspondent sans doute à des différences dans la qualité des herbages : ainsi, dans le méandre de Lupin, en juillet 1973, les prés de la moitié ouest, proches de la Pointe de La Parpagnole présentent-ils des signatures multispectrales différentes des prés plus proches du Vergeroux ; dans les marais de Voutron comme à Brouage, les différenciations apparues par la cartographie infographique des données de télédétection ne semblent pouvoir être corrélées avec un facteur géologique (nature du sol), climatique ou physionomique du milieu : on émettra donc l'hypothèse que des qualités différentes du tapis végétal peuvent en être responsables. Malheureusement le délai séparant l'enregistrement des données de leur traitement n'a pas permis de reconstituer la série des facteurs à l'origine de cet état de choses. Il s'agit là d'un problème pour lequel un enregistrement, avec observateurs sur le terrain travaillant simultanément à l'enregistrement de satellite serait souhaitable.

Enfin, la répétition des enregistrements en 1973, 1975, 1976, 1977, a montré qu'il était possible de suivre l'évolution des paysages, en particulier des surfaces en eau, par une série de cartes instantanées. Seuls, les enregistrements par satellite, par leur répétition régulière permettent de marquer ainsi les étapes d'une évolution, bien que le rythme des enregistrements disponibles soit sans rapport avec le rythme d'évolution des phénomènes étudiés. Ainsi, peuvent être établies des cartes polystatiques anisochrones (F. VERGER, 1973 a, p. 162) constituant une série diachronique. Dans certaines situations privilégiées, par exemple sur les wadden, on peut réaliser des cartes cinématiques, mon-

trant la variation de surfaces en eau liées à la marée entre deux enregistrements (F. VERGER, G. JOLY, 1976 b, p. 7 ; Y. DEMARCQ, R. REGRAIN, J. RUDELLE, 1979). Dans les domaines continentaux et particulièrement sur les Marais Charentais, la variété des paysages et surtout la multiplicité des facteurs d'évolution intervenant effectivement pour modifier les réponses multispectrales instantanées et multitemporelles des paysages, constituent un ensemble de variables encore insuffisamment maîtrisées pour pouvoir réaliser de telles cartes en 1978*.

La connaissance que l'on avait des Marais Charentais grâce à différentes techniques analytiques a donc pu être complétée quant aux formes d'aménagement, quant à l'importance de l'eau dans le milieu, quant à divers autres facteurs concernant des qualités des milieux, grâce aux données de télédétection par satellites. La plupart de ces éléments n'ont pu être mis en évidence de façon satisfaisante que par la cartographie automatique, méthode privilégiée de dialogue interprète-utilisateur mise au point par l'Equipe FRALIT (1977), élément fondamental pour l'utilisation pratique des données de télédétection (J.M. MONGET, F. VERGER, 1978, p. 31).

Ces cartes infographiques ont été réalisées à des échelles variables, souvent proches du cinquante millième, et couvrant des surfaces pouvant aller jusqu'à un bassin versant (Equipe FRALIT, 1979)**.

Les travaux réalisés sur les Marais Charentais ont montré la nécessité de bien adapter la méthode de traitement à la question posée. Le but était de réaliser une cartographie exhaustive des types de paysages, ce qui nécessite l'identification de *tous* les paysages existant dans une région déterminée. Ce projet n'a pu être entièrement mené à bien, en raison de l'intervention des facteurs fugitifs, de reconstitution délicate, mais dont l'étude diachronique permet de s'affranchir dans une certaine mesure. Chaque difficulté d'interprétation a conduit à recommencer le traitement, vérifier la pertinence des connaissances acquises et les compléter sur le terrain, dans une région en pleine évolution.

Par contre, pour une étude thématique (à un caractère selon l'expression de J. BERTIN, *in* Conseil de l'Europe, 1978, p. 201), comme la recherche de l'importance des troubles en suspension, des variations de l'utilisation du sol (labours/herbages), des variations spatiales des zones humides selon les conditions climatiques et phénologiques, le traitement des données de télédétection, associé à une étude précise de la réalité de terrain apporte des informations tout à fait irremplaçables : vue synoptique instantanée et répétée permettant de saisir la dynamique des phénomènes et, à l'avenir, de simuler leur devenir en fonction par exemple des projets d'aménagement.

Avec les données de télédétection par satellites, on dispose donc d'une quantité impressionnante de données concernant les Marais Charentais. La cartographie infographique permet de comparer ces données aux diverses informations déjà acquises sur cette région : certains paysages sont reconnus facilement (claires à huîtres, massifs forestiers, marais) d'autres plus difficilement (marais gâts) ; mais la télédétection permet une analyse plus fine, qui ne recoupe qu'en partie ce qui était déjà connu par d'autres méthodes ; des caractéristiques nouvelles ou insuffisamment étudiées apparaissent, qu'il faut contrôler sur le terrain. La Télédétection enrichit donc nos connaissances, surtout lorsqu'on se place dans une perspective de «géographie applicable» : Les «mappons» étant obtenus en fonction de l'énergie réfléchie, une «cartographie énergétique des paysages» apparaît en filigrane. La fonction de l'agriculture étant de capter le maximum d'énergie solaire pour la mettre à la disposition de l'Humanité (sous forme d'hydrates de carbone) , une telle cartographie énergétique semble porteuse d'espoirs...

«Que d'idées diverses elle emporte après elle ! C'est à qui saura mieux l'employer que restera le gouvernement des choses et des hommes. Qu'on y prenne garde ! C'est un terrible messager dont le public dispose aujourd'hui ! Pour ce messager les montagnes s'abaissent et les vallées se comblent. Le grand art qu'il faut conquérir, c'est l'art de l'employer utilement».

dans «l'Union franc-comtoise» 1856
à propos de l'arrivée du train à Besançon
***

* Bien que perturbée par les évènements climatiques, la fréquence des enregistrements de satellite (18 en 5 ans) est bien supérieure à celle des missions aériennes (10 en 20 ans dont 4 missions régulières).

** Le problème de l'échelle a été résolu dans un premier temps par un symbolique graphique dont les formes et les dimensions étaient celles de la tache élémentaire d'enregistrement, et dans un second temps en rapportant les données Landsat aux mailles du quadrillage Lambert II étendu, utilisé pour les cartes de base du littoral atlantique. Il est ainsi plus facile d'identifier les paysages lorsque les erreurs dans le report carte infographique / carte de base sont réduites au minimum ; une étape indispensable à la réalisation de cartes cinématiques dans les domaines continentaux est ainsi franchie (Equipe FRALIT, 1979).

*** cité par J. BRIGNON et coll. 1978 : Histoire Géographie classe de 5è , Hatier, Paris, 256 p. (voir p. 151)

CONCLUSION GENERALE

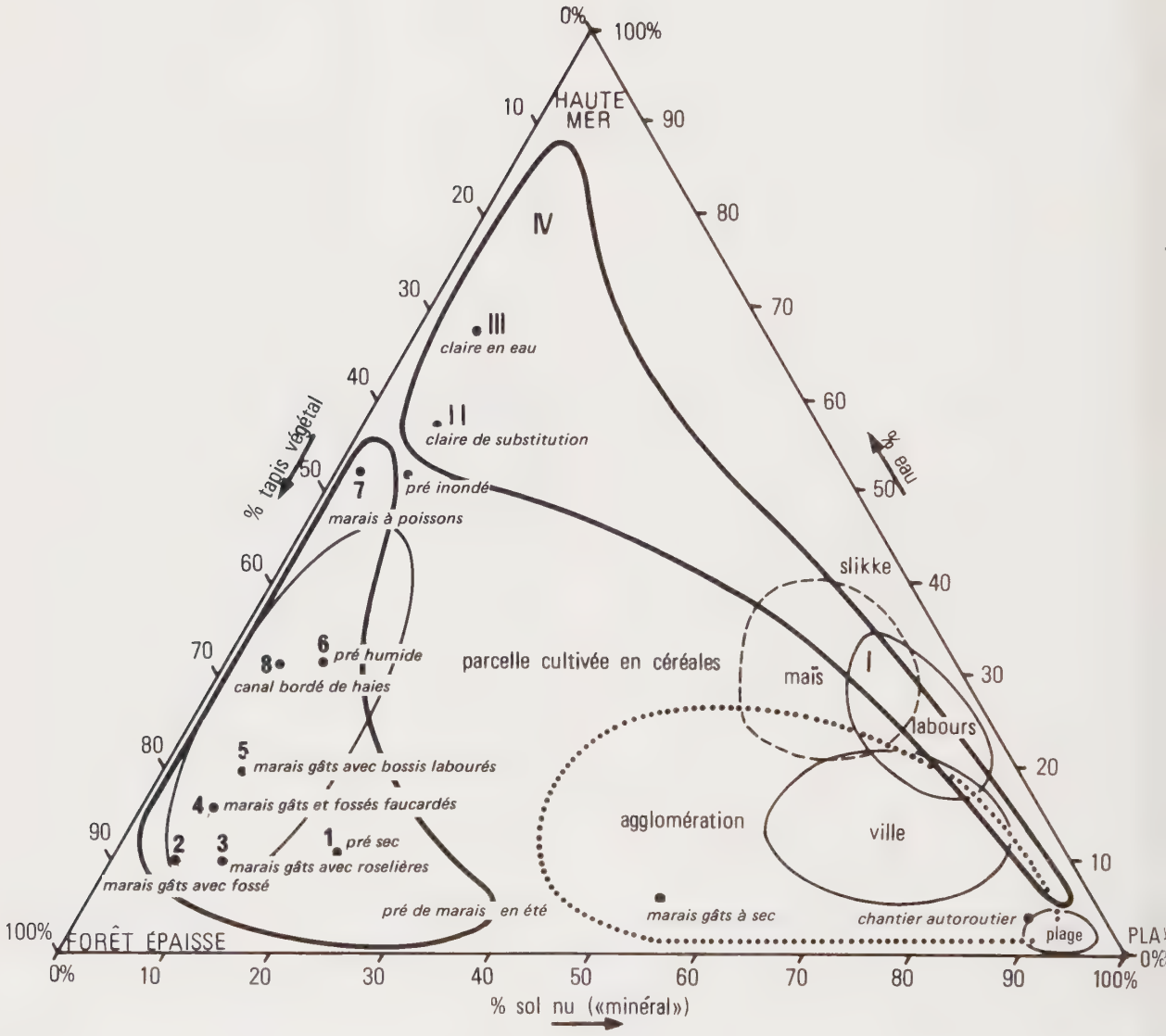


Figure 272 :
Néotaxonomie de paysages des Marais Charentais

Les marais de la France de l'Ouest ont, à plusieurs époques, constitué un front pionnier de l'activité humaine. Au fur et à mesure que la mer reculait devant ses apports, les hommes ont tiré parti de ces milieux variés, pour la récolte du sel et pour l'agriculture. Aujourd'hui, alors que la sédimentation se poursuit, peut-être moins activement, c'est à la re-conquête d'un front pionnier naguère abandonné que l'on assiste. Dans cette perspective, diverses méthodes mises en œuvre, de la synthèse bibliographique à la cartographie automatique des données de télédétection par satellites permettent de confirmer des vues anciennes, de rassembler des faits nouveaux et de présenter des hypothèses plausibles quant à l'état actuel de l'équilibre dynamique entre les forces en action à l'intérieur du prisme littoral. Au delà de l'accent mis sur la contribution à la connaissance des Marais Charentais, il importera de mettre en évidence quelques-uns des problèmes méthodologiques que soulèvent l'utilisation des données de télédétection en Géographie physique.

I - LE CADRE GÉOGRAPHIQUE ET LES MARAIS CHARENTAIS

L'ensemble des méthodes mises en œuvre a montré l'originalité des Marais Charentais, dont les formes de relief en grande partie construites par l'Homme, sont limitées par une ligne de rivage particulièrement mobile, et inscrites dans un paysage régional marqué par les lignes horizontales et les horizons très dégagés.

L'évolution paléogéographique des pays charentais participe de l'évolution générale des régions de plateforme du monde hercynien : séries sédimentaires peu épaisses, sédimentation alternativement sableuse, marneuse et calcaire, associée en séries présentant une faible discordance angulaire et des surfaces d'aplanissement. On a pu reconnaître sur les marges des traces de la surface infra-cénomanienne entre Fouras et Moragne, de surfaces d'âge tertiaire se regradant l'une l'autre sur les marges méridionales du Marais de Brouage. L'ensemble de cette évolution paléogéographique a été accompagnée par des mouvements tectoniques dont les résultats, bombement anticlinal de Brouage et nombreuses cassures mises en évidence dans les îles du marais et sur les bordures, ont eu pour effet de faire apparaître dans le plan des surfaces tertiaires des roches de résistance différente. Ainsi les changements de climat du Quaternaire et les processus d'érosion bioclimatique associés ont-ils pu entailler assez profondément les vallées principales (Charente, rivière de Brouage), les vallées secondaires ne s'encaissant que faiblement dans des dépressions en roche tendre.

Dans ce cadre général, à l'étape actuelle de la transgression, le prisme littoral comporte la Mer des Pertuis, les marais, et les très basses couches de l'atmosphère.

La Mer des Pertuis est une mer épicontinentale, se terminant par une baie frisonne en arrière des îles de Ré et d'Oléron ; les contraintes du bâti rocheux, la présence de hauts fonds y modifient l'onde de marée, et sont à l'origine de courants assez rapides qui maintiennent en suspension des quantités importantes de sédiments (visibles sur les images de télédétection) ; parallèlement les niveaux des pleines mers varient d'une soixantaine de centimètres dans cette baie. L'individualisation de plusieurs cellules hydrologiques émues par les courants rend compte à la fois de la variabilité des fonds et de la ligne de rivage.

Image instantanée de l'équilibre des forces à l'intérieur du prisme littoral, la ligne de rivage a enregistré toutes les vicissitudes des événements des deux derniers millénaires, des sites à sel installés à la limite interne des marais aux plages actuelles assez mobiles. La comparaison des cartes, des photographies aériennes, les textes anciens et l'observation géomorphologique permettent de retracer les phases et les vitesses de cette évolution. Actuellement, le recul des falaises, de l'ordre de 30 à 50 mètres par siècle, et le pivotement progressif des accumulations sableuses constituent les phénomènes principaux de l'évolution du littoral ; ces phénomènes présentent une valeur générale. Il semble toutefois que la vitesse d'accrétion des wadden soit moins importante actuellement qu'il y a quelques siècles. Pourtant, la continuation des endiguements devrait théoriquement entraîner cette accrétion plus rapide. Si la sédimentation est combattue dans les coureaux par les ostréiculteurs luttant contre l'envasement des parcs à huîtres, les sédiments ainsi recyclés ne semblent pas contribuer à engraisser les wadden à une vitesse supérieure à celle des siècles derniers ; peut-être la force des courants de marée a-t-elle atteint un meilleur équilibre mobile avec les masses sédimentaires en suspension et les frottements sur le fond ? Cet équilibre dynamique - si équilibre il y a - pourrait être perturbé par des interventions humaines dont les conséquences géomorphologiques auraient été insuffisamment étudiées.*

*L'intervention humaine a été particulièrement spectaculaire dans les Marais Charentais où, à côté de prises de type hollandais, créant des sortes de marais «desséchés»**, les exploitations salicoles appartenant à des générations successives ont créé un paysage particulier auquel, selon B. PALISSY, seule la construction de Paris peut être comparée. Trois séquences chrono-spatiales ont pu être mises en évidence, reflet vraisemblable des pressions démographiques sur des espaces vierges. Abandonnés progressivement jusqu'au XIXème siècle, ces marais gâts ne couvrent guère que les deux tiers du marais de Brouage : ils ont été compartimentés - ainsi que les «marais plats» - par le réseau d'assainissement mis en place au cours des XVIIIème et XIXème siècles. Ils présentent aujourd'hui les aspects mélancoliques des friches manufacturières, abandonnées au pacage des bovins. La rénovation de l'agriculture entraîne leur nivellement, effaçant en quelques heures une sorte de monument historique en plein air, un «cadre de vie» abandonné parce qu'inadapté à l'économie de la fin du XXème siècle. Pourtant, plus au sud, les ostréiculteurs ont substitué l'élevage des huîtres à la récolte du sel dans les mêmes bassins, et créé un paysage aussi spectaculaire vu d'avion, que difficile à comprendre pour l'observateur au sol.*

Dans ces conditions, le prisme littoral charentais que fréquentent de nombreuses espèces aviaires peut-il être considéré comme un milieu naturel ? La réponse dépend de la définition du terme et de l'échelle spatio-temporelle considérée. Le cadre géologique, les faits climatiques à l'échelle régionale, les mouvements de l'eau dans la Mer des Pertuis sont sans conteste des phénomènes naturels au sens strict. Mais tous les autres phénomènes portent la marque de l'activité humaine, tant les paysages géomorphologiques que végétaux, la ligne de rivage que les formes du relief d'échelle moyenne des marais, les formations végétales que la fréquence des submersions hivernales. Le milieu n'est donc naturel que dans la mesure où l'Homme est considéré comme un agent parmi d'autres de l'Eco-système «prisme littoral». Les interventions actuelles remettent en cause cet équilibre dynamique, un certain «système» : la question est de savoir si le système peut intégrer ces nouvelles perturbations et atteindre un nouvel équilibre mobile, ou si les agressions actuelles risquent de le désintégrer.

Dans ce cadre où l'essentiel paraît être le mouvement, paysages évoluant vers l'aplanissement à l'échelle des millions d'années, lignes de rivage évoluant vers une position d'équilibre face aux forces dynamiques à l'échelle du millénaire, paysages humanisés évoluant tantôt à l'échelle des siècles, tantôt à celui de la décennie, les cieux du littoral charentais se caractérisant par leur étonnante mobilité à l'échelle de la journée, les Marais Charentais ont conservé les stigmates de leur histoire propre, à l'échelle des millénaires comme à l'échelle de la décennie, et présentent, en planimétrie comme en altimétrie, des formes originales.

* Pour se disposer orthogonalement aux houles dominantes (érosion au nord, vers le Rocher d'Yves, la Cornerie à Fouras, Bourcefranc enfin).

**au sens de cette expression dans le Marais Poitevin.

La persistance du réseau des chenaux de marée, dont les travaux d'endiguement et d'aménagement n'ont pas toujours tenu compte, est le caractère fondamental de la planimétrie des marais maritimes, caractère que les photographies aériennes infrarouge ont pu mettre en évidence. Le tracé de ces réseaux est certes lié aux conditions locales de genèse (situation plus ou moins abritée), à des conditions dynamiques particulières (progression par vagues rétrogressives, colmatage plus ou moins accéléré) ; à une échelle taxonomique (spatiale) supérieure, lorsque la même disposition se retrouve dans chacun des marais, la vitesse de la sédimentation dans l'ensemble de la région est en cause (par l'intermédiaire du rapport débit/charge) et peut être liée à des variations du niveau des pleines mers, sinon du niveau moyen de la mer au cours de la période historique.

Par ailleurs, le réseau naturel de chenaux constitue la trame fondamentale des paysages, car c'est en fonction de ce réseau que s'ordonnent les altitudes des marais. Les Marais Charentais ne présentent pas les fortes dénivelées des régions constituées de matériaux plus grossiers, comme le marais de Dol ; ces marais formés de bri présentent une disposition d'ensemble conforme, les dénivelées ayant au plus quelques décimètres. Mais à un niveau taxonomique inférieur, les altitudes des marais s'abaissent le plus souvent en direction du chenal de marée d'où provenaient les sédiments ; lorsqu'une cause particulière vient troubler ce modèle (sédimentation forcée, changement brutal du tracé d'un chenal, fluage, etc...), une disposition contraire s'installe, les altitudes s'élevant en direction du chenal. Ces considérations ne sont toutefois valables que pour les marais provenant de l'endiguement de schorres «murs», sur lesquels la sédimentation était presque achevée au moment de l'installation humaine et non pour certaines prises effectuées sur les bords de la Seudre au cours des derniers siècles. Le plafond atteint par le colmatage correspond approximativement aux pleines mers de cœfficient 90-95 selon l'importance attribuée au tassement, et pour autant que les niveaux atteints actuellement par la marée en Mer des Pertuis puissent servir de série de référence. Il n'est donc guère possible de jalonner un mouvement vertical du niveau des pleines mers avec la seule altimétrie des marais maritimes ; mais ceci ne contredit pas les hypothèses formulées à propos des réseaux de chenaux.*

Les Marais Charentais sont formés de bri, sédiment très fin présentant trois teintes caractéristiques. Un bri bleu profond en milieu réduit forme le soubassement de l'ensemble du marais ; un bri brun ou rouge dit bri récent sépare de la mer un bri gris-vert dit bri ancien. Bien que la cartographie montre une disposition spatiale compatible avec l'hypothèse de deux phases distinctes de sédimentation, rien d'autre que la teinte ne permet d'opposer nettement le bri ancien au bri récent. Il s'agit donc très vraisemblablement d'une différenciation d'ordre pédologique (ou plutôt géopédologique), et un modèle graphique de la cinématique aboutissant aux teintes observées a pu être proposé (figure 176, p. 259).

Le bri lui-même est un sédiment très fin, de plus en plus fin vers le sommet des sondages : un bri ultra-fin (médiane inférieure à 2 micromètres) succède à un bri fin, interrompu çà et là par des niveaux de bri plus grossier (de la taille des limons fins, médiane de l'ordre de 10 micromètres) plus fréquents à la base des profils. Le bri supérieur, par ailleurs plus riche en smectites et moins riche en carbonates, présente des faciès granulométriques plus rectilignes que les autres bris, dont les courbes présentent plutôt des faciès de type parabolique à hyperbolique.

La mise en place progressive du bri a pu être suivie grâce à l'étude des pollens que renferme le bri : environ sept à huit mètres de sédiments se sont déposés depuis la période Atlantique en bordure des marais, à une vitesse qui semble décroître en se rapprochant de l'époque actuelle. Des variations de tracé des chenaux de marée, marqués par des zones de bri moins fin, des horizons plus résistants associés à des émersions temporaires sont intervenus au cours de la sédimentation. Plusieurs pulsations du niveau de la mer ont ainsi pu être mises en évidence ; leur allure générale présente une assez bonne conformité avec les courbes proposées pour la façade atlantique de la France.

L'ensemble des données ainsi mises en évidence permet donc de retracer l'évolution de l'alluvionnement, les différents faciès du bri et d'avoir un aperçu sommaire sur les types de sol des marais. En dehors de leur intérêt pour l'histoire de la période Holocène, et d'une contribution aux questions

* On rejoint là, le problème classique de l'Actualisme dans les Sciences de la Terre.

générales de la géomorphologie dynamique, ces chapitres soulignent l'importance primordiale de l'eau comme agent fondamental du paysage des marais maritimes, et à toutes les échelles spatio-temporelles. L'eau intervient en tant qu'agent responsable de la mise en place du bri et de son évolution in situ d'une part, en tant que facteur physique dont les mouvements sont conditionnés par le tracé des chenaux de marée avant l'endiguement, par le réseau des digues, fossés et canaux après l'endiguement d'autre part, en tant que facteur biologique enfin, apporté par les précipitations, inclus dans l'écosystème marais et susceptible de modifier les caractères physico-chimiques du milieu (par exemple par la décarbonatation ou les migrations du fer).

Les formes anciennes d'aménagement s'efforçaient de composer avec ce facteur tyrannique du milieu, les formes récentes tentent de maîtriser davantage l'eau ; dans les Marais Charentais, la connaissance de ce facteur semble devoir beaucoup progresser encore avant de permettre des actions efficaces d'aménagement à l'échelle du bassin versant, du marais, de l'exploitation et du «casier» de cultures. Dans cette optique, on peut tenter d'estimer la pertinence des méthodes de recherche retenues pour l'étude des Marais Charentais.

II - MÉTHODES CLASSIQUES ET MÉTHODES RÉCENTES DANS L'ÉTUDE DES MARAIS MARITIMES

A l'époque actuelle, les marais maritimes sont passés du stade de milieux mal connus parce qu'inaccessibles au stade de terres à re-conquérir, dont la rentabilité pour la céréaliculture paraît de mieux en mieux assurée. Les méthodes de recherche ont suivi une voie semblable : la connaissance se fait ainsi de moins en moins «extérieure» au milieu considéré.

Dans un premier stade, ce milieu mal accessible est vu au travers de méthodes «externes» : on insiste sur le cadre au point de classer les marais du littoral atlantique sous le seul critère de leur environnement géologique ; il est possible ensuite de distinguer, en marge du marais et s'élevant un peu au-dessus de l'horizontalité attribuée au marais, les îles et les cordons littoraux (dont l'étude seule aurait pu constituer un thème particulier, tant les cordons littoraux se sont revélés nombreux et riches de La Rochelle à Plordonnier en Seudre). Enfin l'environnement marin (et secondairement atmosphérique) des marais constitue un thème de recherches passionnant, dont l'intérêt est d'ailleurs rehaussé par les problèmes de la pêche côtière et les exploitations conchylicoles disséminées sur tous les wadden, leurs marges sous-marines et certains marais. Mais rien de tout cela ne concernait précisément la géographie physique des marais.

Le problème principal à résoudre était celui de l'eau, car les Marais Charentais souffrent à la fois d'un excès d'eau, l'hiver, et d'un cruel manque d'eau l'été, ce qui entraîne une décarbonatation active des horizons superficiels, la sécheresse du sol étant accentuée par des fentes de dessiccation de plus d'un mètre de profondeur. A côté de l'équipement hydraulique régional, une meilleure connaissance du milieu à une échelle intermédiaire entre le bassin versant et l'exploitation agricole devait donc être consacrée aux seuls marais. Dans cette perspective connaître le relief des marais devenait indispensable pour maîtriser l'eau en fonction d'utilisations particulières.

La planimétrie des marais établie à partir des cartes, des photographies aériennes infrarouge et panchromatiques, vérifiées sur le terrain, a permis de comprendre la disposition topographique d'ensemble, les processus de mise en place de la sédimentation et de formuler des hypothèses quant aux difficultés hydrologiques et pédologiques rencontrées dans l'utilisation agricole du milieu.

L'étude altimétrique des marais littoraux nécessite l'utilisation d'un niveau de référence, ici le réseau N.G.F. (le réseau I.G.N. était alors en cours d'établissement), à partir duquel on peut comparer les altitudes des marais aux cotes atteintes par les différentes pleines mers. Dès lors, bien que les cartes en courbes de niveau ne puissent être fournies pour chacun des marais, de simples profils permettent d'avoir une idée d'ensemble de la disposition des marais : il devient moins incertain de choisir les zones, les «casiers» où les investissements pour le drainage pourront bénéficier d'une rentabilité moins aléatoire. Sur un plan fondamental, les relations établies entre les niveaux de marée et les cotes du marais permettent de montrer que la mer n'a pas dû atteindre des altitutdes bien supérieures à l'actuelle au cours des deux derniers millénaires.

Facteur physique dont l'étude altimétrique et planimétrique des marais permet de mieux cerner le comportement dans l'espace, l'eau constitue aussi le facteur principal de l'évolution des paysages, en déterminant la sédimentation et l'évolution pédologique. Ces thèmes d'étude ont principalement été développés sur les rivages de la Mer du Nord, dans une perspective beaucoup plus géologique et spécialisée que le présent travail. Néanmoins, l'étude de la sédimentologie fine a permis de reconstituer les phases dynamiques principales de la sédimentation, sur des sondages où l'analyse pollinique a permis d'inscrire quelques jalons chronologiques ; les datations au Radiocarbone, de leur côté, ont surtout permis de retracer la progression spatiale du remblaiement. Ces méthodes concourent à établir un modèle de sédimentation par progradation des marais, conforme à ce qui a pu être observé sur les wadden des rivages atlantiques.

L'eau joue aussi un rôle fondamental pour l'évolution pédologique du bri, au point que la teinte du sol en dépend de façon tout à fait directe ; après les analyses physico-chimiques détaillées qui ont été menées sur le Marais Poitevin, il est apparu plus nécessaire de tenter une appréhension globale des phénomènes, par la cartographie et la combinaison des facteurs naturels et humains de l'évolution pédologique. Mais une étude pédologique analytique reste indispensable avant la transformation de l'utilisation du sol ; elle permettra de «caler» plus précisément le modèle proposé.*

Cet ensemble de méthodes, inspirées principalement de recherches flamandes, néerlandaises et danoises, permettent donc une connaissance plus détaillée des marais maritimes. Chacune de ces méthodes s'est développée indépendamment, et il devient impossible de les pratiquer toutes, successivement comme simultanément. On a donc dû, pour les Marais Charentais, effectuer un choix ; plutôt qu'approfondir une ou deux méthodes, plusieurs ont été explorées, quitte à le faire de façon partielle et insuffisante aux yeux des spécialistes. Chaque fois, c'est la possibilité de retracer l'importance spatiale des apports de chaque technique, et de combiner ces résultats avec d'autres qui a servi de guide, en fonction de contraintes d'échelle, de temps, de connaissances et de disponibilités des laboratoires. Par ailleurs, cette étude s'inscrit dans le mouvement actuel de rénovation de diverses sciences (et en particulier de renouvellement de la Géographie physique et de sa problématique) et de l'apparition de sciences «diagonales», synthétiques, comme l'Ecologie et la Science du Paysage.

III - GÉOGRAPHIE PHYSIQUE ET MÉTHODES NOUVELLES

1 - Une ou des géographie(s) physique(s)

Par suite de conditions historiques (A. MEYNIER, 1969), la Géographie physique est longtemps restée très liée aux sciences géologiques, la Géomorphologie en particulier ayant pu apparaître comme un prolongement de la Géologie (A. REYNAUD, 1971) ; aujourd'hui la Géographie physique paraît éclatée entre diverses spécialités (hydrologie, biogéographie, climatologie, pédologie, géomorphologie, etc...) dont l'un des traits communs est le souci des implications spatiales des phénomènes étudiés. Dès lors on pourrait croire que toutes les explorations analytiques possibles, pourvu qu'elles aient des conséquences sur la répartition ou la dynamique des phénomènes actuels, appartiennent à la Géographie, le géographe étant capable d'effectuer une synthèse à un moment précis. Tel fut le projet de la géographie régionale française, sur lequel bien des réserves ont pu être faites (voir, entre autres, J. BEAUJEU - GARNIER, 1972). Une telle discipline, protéiforme, a pu être considérée comme «une science de curieux» (A. de CAYEUX, 1969). Mais surtout, si le contenu des travaux peut être connu , l'idée qui sous-tend la recherche, le projet scientifique est beaucoup moins évident ; il risque d'être masqué par l'abondance des connaissances diverses rassemblées. On peut même avoir parfois l'impression que certains progrès de la Géographie sont dus à des emprunts successifs à des sciences voisines qui, le plus souvent, jouent un rôle moteur : géochimie, physique, géologie, écologie, etc...

Ainsi réaliser une étude de Géographie physique sur un espace réduit comme les Marais Charentais consiste non seulement à faire le point des connaissances acquises par la bibliographie, mais encore à dresser le panorama

* Les travaux en cours (drainage des zones de bri ancien comme de bri récent) diront si le modèle provisoire proposé correspond à des phénomènes que l'expérience confirmera ou non, la moindre hydromorphie du milieu devant théoriquement entraîner un brunissement du bri.

le plus complet possible des faits que l'état actuel de la discipline permet d'établir. Une telle synthèse pourrait n'apparaître que comme un collationnement de résumés partiels progressivement établis, insistant sur les résultats plus que sur les méthodes ; elle risque de conduire à dresser un tableau plus ou moins figé de connaissances strictement localisées.

On a donc tenté de dépasser ce stade en insistant sur ce que différentes techniques et méthodes de recherche pouvaient apporter à la connaissance du milieu des marais maritimes. Souhaitant insister sur ce point et montrer combien ces différentes méthodes conduisent à des observations utiles, intéressantes, voire passionnantes, mais analytiques, dispersées, «thématiques» en un mot, on a conservé un plan général d'exposé méthodologique, analytique. Il a semblé plus utile de montrer une démarche, un cheminement plutôt qu'un tableau achevé, une dynamique plutôt qu'un état. Aussi cette réflexion n'est-elle qu'une étape, qui se poursuit au moment où les données de télédétection commencent à pénétrer, - voire à bouleverser - la Géographie. Dans cette perspective, chaque chapitre pourra donc être prolongé à l'avenir par des études sectorielles plus approfondies, nécessaires pour l'action ponctuelle : au moins aurons-nous commencé à «débroussailler» quelques problèmes, au moment même où ils se posent réellement en vue d'un autre aménagement régional.

2 - Géographie physique et données de télédétection

Avec les documents de télédétection par satellite, on dispose pour la première fois de données à la fois synthétiques sur le plan spatial, analytiques du point de vue multispectral, et répétées dans le temps. Leur utilisation nécessite donc une connaissance précise du milieu, car leur logique spatiale et spectrale ne correspond pas à la distribution des paysages, connus grâce aux capteurs synthétiques que sont nos yeux et analysés en détail par différentes disciplines scientifiques. Après une première phase de reconnaissance et d'identification des paysages dont la télédétection par satellite permet de dresser de façon continue une série d'inventaires à des instants précis, il subsiste toujours une certaine quantité d'informations qui n'entrent pas dans la logique de diverses disciplines analytiques et doivent être traitées dans une seconde phase. Ce «résidu» concerne des attributs du paysage que l'éclatement de disciplines de plus en plus spécialisées n'a pu mettre en évidence, ou des phénomènes encore mal expliqués.

La notion de néotaxonomie a été proposée pour définir une nouvelle classification des éléments du paysage en fonction d'attributs connus et / ou insuffisamment explicités. Dans les Marais Charentais par exemple, chaque unité élémentaire d'enregistrement rassemble des éléments issus de trois lignées de paysages : une première lignée, végétale, aboutit aux forêts, en passant par les parcelles boisées, les prairies artificielles, les prairies naturelles sur marais plats, les pacages sur marais gâts, etc... ; une seconde lignée est caractérisée par l'importance des surfaces en eau : elle commence avec les slikkes et se continue avec les prairies de moins en moins humides ; une troisième lignée est caractérisée par la présence minérale, l'absence de végétation couvrant le sol (ou la présence de végétation peu couvrante) : cultures maraîchères, labours, slikkes, agglomérations, etc... En fonction de ces trois lignées, il est possible de réaliser une néotaxonomie (figure 272, supra) qui paraît plus pertinente pour la compréhension des signatures multispectrales.

Cette néotaxonomie serait sans doute confortée par une Géographie physique plus proche de l'Ecologie, une Eco-Géographie (J. TRICART, J. KILIAN, 1979), intégrant l'aspect fonctionnel de la notion d'écosystème. En effet, les signatures multispectrales des paysages intègrent, par exemple dans les prairies plus ou moins humides des facteurs climatiques (précipitations et évapotranspiration cumulées, températures, etc... combinés à l'état phénologique du tapis végétal - qui constitue à ce stade de la recherche une «boîte noire» -), les facteurs importants spatialement paraissent être le taux de couverture du sol, la «santé» des formations végétales plus que leur détermination spécifique, leur hauteur ou plutôt la «rugosité» de leur couronne, qui réfléchit les radiations, tout autant que la nature du sol, la granulométrie et la minéralogie des formations superficielles, et la micro-topographie influant sur l'humidité résiduelle de ces espaces «plans». D'autres orientations de la Géographie physique seraient peut-être plus pertinentes pour comprendre les données de télédétection.

La télédétection est exigeante vis-à-vis de la Géographie Physique en ce qu'elle apporte une vue synoptique des phénomènes couvrant une certaine surface : elle réclame donc une Géographie physique préoccupée d'abord de l'extension des phénomènes plus que de leur histoire, de leur fonctionnement dans le présent, en relation par exemple avec la notion d'écosystème. Il est alors nécessaire de parvenir à une connaissance globale, générale, intégrée d'une région, afin de pouvoir extraire le maximum d'information des données de télédétection. Ces dernières concernent en effet le résultat global de l'action des différents facteurs de l'écosystème et il peut être utile d'apprécier les pondérations subies par ces facteurs (humidité du sol et activité phénologique), de voir les compensations ou confusions (herbes séchées et zones asséchées), etc... On découvre alors certaines inadéquations des taxonomies établies à partir des démarches analytiques classiques ; ce point de vue a été illustré dans les pages précédentes.

Par leur caractère répétitif, les données de télédétection permettent de réaliser ce qui manque à la Géographie physique, la possibilité d'expérimenter sur les paysages. Dans un secteur donné de marais par exemple, d'une année à l'autre, si le niveau de l'eau est le même lors de deux enregistrements, seuls ont changé l'état phénologique et le climat. Il devient possible d'espérer sur le court terme, apprécier la pondération des facteurs intervenant dans les signatures spectrales des paysages. La recherche des causes des phénomènes et des modalités de fonctionnement des paysages, de leur répartition dynamique sera d'autant facilitée. Cette orientation «expérimentale» n'a pu qu'être esquissée ici.

D'autre part, les données de télédétection rassemblent des quantités d'énergie réfléchies par le paysage. Comme J. TRICART et R. HUSSON (1972) l'avaient indiqué, elles ouvrent donc l'espoir d'une géographie de l'énergie (solaire), dont le projet serait de classer les paysages selon la quantité d'énergie qu'ils utilisent réellement, soit pour fabriquer les hydrates de carbone nécessaires à l'alimentation, soit pour assurer l'évolution des éco-géo-systèmes (développement et reproduction de la biomasse, dynamique du milieu physique, etc...). Le développement de cette orientation paraît pour l'instant prématuré, bien qu'il soit susceptible d'applications : il y a là semble-t-il un thème prometteur, que certains agronomes ont commencé à explorer.

*Enfin, les données de télédétection sont tout à fait pertinentes pour l'application, pour une «Géographie applicable» : la justification première des expériences spatiales, et du lancement de la série ERTS - Landsat fut en effet d'enquêter sur les «ressources terrestres» *.*

* Lorsque l'avenir portuaire et touristique d'une région est lié à l'évolution de wadden (Y. DEMARCQ, R. REGRAIN, J. RUDELLE, 1979), comme lorsqu'il s'agit de suivre l'évolution de récoltes (travaux de l'Opération Pilote Interministérielle de Télédétection en France), les données de télédétection peuvent - doivent - être utilisées. Leur pertinence pour l'aménagement des marais maritimes paraît non moins certaine.

A travers l'étude des Marais Charentais, ont pu être retrouvés beaucoup des problèmes scientifiques actuels : orientation analytique ou globale, méthodologies, utilité sociale de la recherche, projet scientifique de la discipline, etc... Il ne semble donc pas inutile d'avoir utilisé diverses méthodes sur un espace assez restreint, comme cela a pu se faire dans d'autres disciplines : A. de QUATREFAGES écrivait en 1853 «au risque de paraître un peu trop technique... il m'a semblé nécessaire de montrer, au moins une fois avec quelque détail, comment l'exploration minutieuse d'un seul animal bien choisi conduit à aborder les questions les plus diverses et les plus délicates de la Zoologie».

L'application de cet ensemble de méthodes aux Marais Charentais pourra cependant laisser insatisfait, car il n'a pas été possible de pousser très avant chacune d'entre elles : une vie n'y suffirait sans doute pas. Mais n'est-ce pas le rôle du géographe que de se situer à côté des divers spécialistes, en leur compagnie sans être à l'écart ? La spécialisation progressive de chacun des rameaux scientifiques a entraîné une parcellisation du savoir, un éclatement de la géographie physique, à la recherche de la façon dont «les lois physiques et biologiques qui régissent le monde se combinent et se modifient en s'appliquant aux diverses parties de la surface du globe» (P. VIDAL de LA BLACHE, 1913).

Aujourd'hui, les problèmes de conservation et de gestion de l'environnement, les données de télédétection, la volonté politique d'orienter la recherche vers des possibilités d'application, la rénovation en cours de la Géographie physique et bien d'autres indices, soulignent la nécessité pour la Géographie de posséder un projet scientifique global autre que la découverte de la planète, - qui restera toujours inachevée -. L'utilisation des méthodes analytiques classiques mais aussi de la documentation globale que constituent les données acquises sur la surface terrestre depuis l'Espace ouvrent sans doute une voie vers la définition de ce projet scientifique.

Par ailleurs, à côté des disciplines spécialisées se fait sentir le besoin de dépasser les divisions arbitraires mais commodes de la connaissance. La Géographie et l'Ecologie par exemple reposent sur «une dialectique reliant une analyse qui, pour pénétrer plus avant dans le réel réduit de plus en plus son champ, et une vue aussi large que possible, seule apte à saisir les interactions» (J. TRICART, 1978 a, p. 189). Les données enregistrées par les satellites, permettent d'observer, à des échelles différentes, les effets spatiaux des interactions entre les sédiments, les sols, le relief, l'eau, le tapis végétal, le climat à toutes ses échelles, et l'énergie solaire. Elles constituent donc le matériau brut pour une nouvelle approche des interactions entre facteurs de l'Ecosystème terrestre, une nouvelle classification des phénomènes et des problèmes, l'établissement de liens plus étroits entre Géographie, Ecologie et Aménagement, l'espoir d'une Géographie différente.

BIBLIOGRAPHIE

"La bibliographie est un océan sans fond et sans rivages, et le plus heureux en la matière est celui qui commet le moins d'erreurs"

(Abbé REURE, 1835)

. La bibliographie rassemble l'ensemble des ouvrages et articles cités dans le texte, ou qui furent utilisés au cours des recherches ; les références sont présentées en tenant compte des usages en Géographie, de la norme AFNOR NF.Z.44.005 de Janvier 1967 et des recommandations de P. RAYBAUT (s.d.).
. Les références des ouvrages portant précisément sur la Charente Maritime sont précédées d'un astérisque• ; on en trouvera une liste plus complète dans R. REGRAIN, S. DELAMAIRE, M.T. GOURET, 1973.

•ABRARD (R.) - 1931 - Etude Stratigraphique et paléontologique des calcaires de Saint Palais et de Blaye.
Bull. Soc. Géol. Fr., (5) t. 1, pp 3-22.

AGACHE (R.) - 1970 - Détection aérienne de vestiges protohistoriques, gallo-romains et médiévaux.
Bull. Soc. Préhist. Nord, n° 7, 230 p.

ALBERTZ (J. von) - 1977 - Vorschläge für eine einheitliche Terminologie in der Fernerkundung.
Bildmessung und Luftbildwesen, t. 45, pp 119-126.

ALEXANDRU (M.) - 1977 - Importanta polenului plantelor ierboase in spectrele sporo-polinice.
St. Cerc. Geol., Geofiz., Geogr., Geografie, Bucuresti, t. 24, pp 281-284.

ALGAZI (V. R.) - 1973 - Digital enhancement of multispectral MSS data for maximum image visibility.
Symp. Signif. Results ERTS-1, NASA, 5-9 Mars 1973, vol. I, sect. B, pp 1169-1177.

•ALLARD (A.), DUBREUILH (J.), MARIONNAUD (J.-M.) - 1974 - Contribution de la méthode historique à la résolution d'un problème de géologie récente : exemple du Bas-Médoc (Gironde).
Bull. B.R.G.M. (2) sect. 1, pp 1-14.

•ALLEN (G.-P.) - 1973 - *Etude des processus sédimentaires dans l'estuaire de la Gironde*
Mém. Inst. Géol. Bassin Aquitaine, Bordeaux, n° 5, 324 + XX p., 134 fig.

•ALLEN (G.-P.) - 1977 - Etude des Processus sédimentaires dans l'estuaire de la Gironde.
Dissert. abstr. Internation. C.G.B., t. 37, n° 4, 71 p.

•ALLEN (G.-P.), KLINGEBIEL (A.) - 1974 - La Sédimentation estuarienne : exemple de la Gironde.
Bull. Centre Rech. Pau, SNPA, t. 8, pp 263-293, 14 fig.

•ALLEN (G.-P.) et *al.* - 1974 - Environnements et processus sédimentaires sur le littoral nord-aquitain.
Mém. Inst. Géol. Bassin Aquitaine, n° 5, 324 + 20 p.

ALOUGES (A.) - 1971 - Le programme C.N.E.S. de télédétection en 1970-1971.
Paris, *Centre Nat. Et. Spatiales*, 422 p.

ALOUGES (A.), LAIDET (L.) - 1973 - La Télédétection des ressources terrestres.
La Recherche Spatiale, t. 12, pp 1-15.

ANDERSON (R. R.), ALSID (L.), CARTER (V.) - 1975 - Applicability of Skylab orbital photography to coastal wetland mapping.
41 st Annu. Meet. Am. Soc. Photogramm., Washington, pp 371-377.

ANSON (A.) - 1966 - Color photo comparison.
Photog. Eng., t. 32, pp 286-297.

ANWAR HOSSAIN CHAUDHURY (M. U.) - 1975 - Study of land formation in Bangladesh with Landsat 1 imageries.
Int. Symp. Remote sensing Environ., pp 1023-1027.

AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY - 1960 - *Manual of Photographic Interpretation*
Washington, *Am. Soc. Photog.*, 1861 p.

AMERIJCKX (J.) - 1957 - Geologische opbouw van de Belgische Zeevlakte.
Dissert. Univ. Gent, 71 p., 3 cartes h.t.

•ARCERE (L.) - 1756-1757 - *Histoire de La Rochelle et du pays d'Aunis*. La Rochelle, 2 vol. ; rééd. 1976, 1 vol.

ARCHAMBAUT (M.), LHENAFF (R.), VANNEY (J.-R.) - 1965-1967 - *Documents et méthodes pour le commentaire de cartes, géographie et géologie*. Paris, *Masson*, vol. 1, 1965, 80 p., 17 pl. h.t. ; vol. 2, 1967, 167 p., 21 pl. h.t.

•ARNAUD (F.) - 1897 - Muron et ses environs.
Bull. Soc. Géog. Rochefort, t. 19, pp 248-279.

•AUSSY (D. d') - 1879 - La Tour de Broue, 1115-1789.
Arch. Aunis et Saintonge, t. 19

AUZIAS (L.) - 1937 - L'Aquitaine carolingienne, 778-987.
Toulouse, Paris, *Privat*.

BABIN (C.), GLEMAREC (M.) - 1971 - Ecologie et paléoécologie des bivalves marins des sédiments meubles.
Haliotis, t. 1, n° 2, pp 105-125.

BAKER (R. N.) - 1975 - Landsat data : a new perspective for Geology.
Photog. Eng. Rem. Sens., t. 41, pp 1233-1239.

BALTZER (F.), LE RIBAULT (L.) - 1971 - Néogenèse de quartz dans les bancs sédimentaires d'un delta tropical. Aspect des grains en microscopie électronique et optique.
C. R. Acad. Sc. Paris, t. 273, D, pp 1083-1086.

BAN (A.), ALEXANDRU (M.) - 1972 - Le Pollen des conifères dans les spectres sporopolléniques correspondants aux conditions actuelles physicogéographiques de la partie Sud-Est de la Roumanie.
Rev. Roum. Géol. Géophys. Géogr. série *Géogr.*, t. 16, pp 143-151.

BARDINET (C.), MONGET (J.-M.) - 1978 - *Lanchad, Télédétection de la zone de N'Djamena* ; pré-assistance spectrale et géographique. Sophia Antipolis, *Ec. Nat. Sup. Mines*, CTAMN/78/R/15, 41 p., 25 fig.

BARIOU (R.) - 1978 - *Manuel de Télédétection*.
Paris, *S.O.D.I.P.E.*, 349 p.

BARLETT (D.), KLEMAS (V.), ROGERS (R.) - 1975 - Investigations of coastal land use and vegetation with Erts-1 and Skylab-Ere
41 st Annu. Meet. Am. Soc. Photogramm., Washington, pp 378-392.

BARRETT (E. C.), CURTIS (L. F.) - 1974 - Environmental Remote Sensing : applications and achievements.
London, *Arnold*, VI + 309 p., h.t.

BARRET (E. C.), CURTIS (L. F.) - 1976 - *Introduction to Environmental Remote Sensing*.
London, *Chapman and Hall*, 336 p.

•BARUSSEAU (J.-P.) - 1967 - Sur la Minéralogie de la fraction lourde des alluvions sableuses des pertuis charentais (Pertuis d'Antioche et Pertuis Breton).
Bull. Ass. Fr. Et. Quaternaire, t. 4, pp 135-143.

•BARUSSEAU (J.-P.) - 1973 - *Evolution du Plateau continental rochelais (Golfe de Gascogne) au cours du Pléistocène terminal et de l'Holocène. Les processus actuels de la sédimentation*. Bordeaux, *Thèse Etat Sc.*, 363 p., 99 fig., 23 tab., 4 annexes.

•BARUSSEAU (J.-P.), MARTIN (G.) - 1971 - Esquisse géologique et structurale des Pertuis charentais et de leurs abords (Golfe de Gascogne).
Rev. Géog. Phys. Géol. Dyn., (2) t. 13, pp 403-412.

•BARUSSEAU (J.-P.), LONG (B.) - 1975 - Ambiguité de la notion de sables actuels et reliques (Exemple de la côte Nord-Ouest de l'île de Ré). *Ann. Hydr.* (5) t. 4, n° 743, pp 75-81.

BASTIN (B.), COUTEAUX (M.) - 1966 - Application de la méthode de Frenzel à l'extraction des pollens dans les sédiments archéologiques pauvres.
L'Anthropologie, t. 70, pp 201-203.

BAUDOIN (A.), DECAE (A.), DEMATHIEU (P.) - 1972 - La détection à distance à l'I.G.N.
Bull. Inf. Inst. Géog. Nat., n° 19, pp 1-16.

BAULIG (H.) - 1956 - *Vocabulaire franco-anglo-allemand de géomorphologie*.
Paris, *Les Belles Lettres*, XIV + 230 p., rééd. 1966.

BAUSSART (M.) - 1958 - L'Utilisation de nouvelles surfaces sensibles, infrarouges et couleurs en photographie aérienne.
Bull. Sect. Géog. Comité Trav. Hist. Scient., t. 70, pp 1-11.

•BEAUCE (M. de), THURNINGER (M.) - 1885 - Port de la Rochelle
Ports Marit. Fr., Paris, Imp. nat., t. 6 (1), 61 p., pl.

BEAUJEU-GARNIER (J.) - 1972 - *La géographie, méthodes et perspectives*. Paris, *Masson*, 141 p.

BELJAEVA (I. P.), RACKULIK (V. I.), SITNIKOVA (M. V.) - 1965 - Relation entre le coefficient de réflexion des systèmes sols couverture végétale et la densité de la masse végétale (Traduction I.F.P., 1970).
Meteorologija i gidrologija, n° 8, pp 7-12.

BELOUSSOV (V. V.), MURAOUR (P.), VANNEY (J.-R.) - 1973 - *Structure et géomorphologie dynamiques des fonds marins.* Paris, *Masson*, 235 p.

•BELTREMIEUX (M.) - 1856 - Description des Falaises de l'Aunis. La Rochelle, *Siret*, 16 p.

BENNEMA (J.), GEUZE (E.C.W.H.), SMITS (H.), WIGGERS (A.J.) - 1954 - Soil compaction in relation to Quaternary movements of sea-level and subsidence of the land, especially in the Netherlands. *Geol. en Mijnb.*, (n.s.) t. 16, pp 173-178.

BENZECRI (J.-P.) et coll. - 1973 - *L'analyse des données* Paris, *Dunod*, t. 1 : La taxinomie, 615 p. ; t. 2 : L'analyse des correspondances, 619 p.

•BERGER (G.), TERNET (M.) - 1968 - Carte Géologique à 1/50000: Royan. *B.R.G.M.*, 1 pl. + notice.

BEROUTCHACHVILI (N.) - 1977 - Géophysique du paysage. *Rev. Géomorphol. dyn.*, t. 26.

BEROUTCHACHVILI (N.), MATHIEU (J.-L.) - 1977 - L'Ethologie des géosystèmes. *L'Espace Géographique*, t. 6, pp 73-84.

•BERTHELOT (A.) - 1933 - La Côte océanique de Gaule d'après Ptolémée. *Rev. Et. Anciennes*, t. 35, pp 293-302.

BERTHIER (J.) - 1967 - *Conférences d'information de Mécanique des sols.* Orsay, Cours D.E.A., Sédimentologie, 79 p., 29 pl. h.t.

BERTHOIS (L.) - 1957 - Recherches sur l'importance du tassement libre des sédiments. *Comunicaões dos serviços geologiços do Portugal*, t. 38, pp 431-443.

BERTIN (J.) - 1967 - *Sémiologie graphique, diagrammes, réseaux, cartographie.* Paris, *Gauthier-Villars et Mouton*, 431 p.

BERTIN (J.) - 1977 - *Le Graphique et le traitement graphique de l'information.* Paris, *Flammarion*, 277 p. (Nouv. Bibl. Scient.).

BERTRAND (G.) - 1968 - Paysage et géographie physique globale. *Rev. Géog. Pyrénées Sud-Ouest*, t. 39, pp 249-272.

BERTRAND (G.) - 1969 - Ecologie de l'espace géographique. Recherches pour une "Science du paysage". *C. R. Soc. Biogéogr.*, n° 406, pp 195-205.

BERTRAND (G.) - 1972 - La "Science du paysage", une "science diagonale". *Rev. Géog. Pyrénées Sud-Ouest*, t. 43, pp 127-133.

BERTRAND (G.) - 1977 - Pour une écologie historique. Tours, *Caesarodunum*, suppl. n° 22, 1 p.

BIJU-DUVAL (B.), LAMPEREIN (C.), RIVEREAU (J.-C.) et *alii* - 1976 - Commentaires de l'esquisse photographique du domaine méditerranéen : grands traits structuaux à partir des images du satellite Landsat 1. *Rev. Inst. Fr. Pétrole*, t. 31, n° 3, pp 365-400, 2 pl. h. t.

BINTZ (P.) et coll. - 1974 - Méthodologie et chronologie du Quaternaire récent : compte-rendu des réunions lyonnaises des 23 Mars et 28 Avril 1973. *Bull. Soc. Préhist. fr.*, t. 71, pp 133-137.

BIROT (P.) - 1954 - *Les méthodes de la morphologie.* Paris, *P.U.F.*, Orbis, 177 p.

BJERRUM (L.) - 1967 - Progressive failure in slopes of over consolidated plastic clay an clay shales. *J. Soil. Rech. and Foundations Div.*, t. 93, SM 5, pp 3-49 (Trad. L.C.P.C., 3 è Conf. Terzaghi, 62 p.).

BJERRUM (L.) - 1967 - Engineering geology of norvegian normally consolidated marine clays as related to settlements of buildings. *Geotechnique*, Juin 1967.

BLANC (F.), LAUREC (A.) - 1976 - De l'Heuristique au thaumaturgique en traitement des données d'écologie marine. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Océanogr.*, t. 14, pp 101-107.

•BLANCHO (X.) - 1973 - Carte géomorphologique détaillée du littoral au Nord de l'estuaire de la Charente. *Mém. Maîtrise Géog. Univ. Poitiers*, inédit.

BLOK (D. P.) - 1969 - Histoire et toponymie : l'exemple des Pays-Bas dans le Haut Moyen-Age. *Annales E.S.C.*, t. 24, p. 918-946, 1 pl. h.-t.

BOISSARD (P.) - 1973 - *Recherche d'une aide automatique à l'interprétation des images aériennes. Application à l'étude de la végétation.* Orléans, *Thèse 3 è cycle Ecol. Appl.*, 100 p. + 56 + 29 pl., 3 annexes.

•BOISRAME (C.), SEIGNEURIN (R.) - 1969 - Etude sur la pluviométrie de La Rochelle pendant 172 ans. *Ann. Soc. Sc. Nat. Charente Maritime*, t. 5, pp 3-18.

•BOISSELIER (A.) - 1881 - Note sur les assises inférieures du Cénomanien à l'embouchure de la Charente. *Ass. Fr. Av. Sci.*, C.R. 10 é session, Alger, pp 568-574.

•BOISSELIER (M.) - 1885 - Carte géologique détaillée de la France à 1/80000. Feuille n° 152. La Rochelle Tour de Chassiron.
Serv. Carte Géol. Fr., 1 carte + notice.

•BOISSELIER (A.) - 1889 - Note sur la géologie du cours de la Charente entre Rochefort et l'île d'Aix.
Ann. Soc. Sci. Nat. Charente Inférieure, n° 26, pp 141-149. - et 1896, *Bull. Soc. Géog. Rochefort*, t. 18, pp 181-185.

•BOISSELIER (A.) - 1891 - Excursion géologique au Port des Barques.
Ann. Soc. Sc. Nat. Charente Inférieure, n° 28, pp 39-52.

•BOISSELIER (A.) - 1892 - Excursions géologiques (...) à Marennes et à Saint-Jean d'Angle.
Ann. Soc. Sc. Nat. Charente Inférieure, n° 29, pp 55-64.

•BOISSELIER (A.) - 1893 - Le palet de Gargantua et les oscillations du niveau de la mer.
Rev. Sc. Nat. Ouest, t. 3, pp 366-367 - *Bull. Soc. Géog. Rochefort*, t. 15, pp 192-193.

•BONNEAU (H.) - 1885 -(Notices sur les ports du Château d'Oléron, de la Perrotine, du Douhet, de Saint-Denis, de la Cotinière)
Ports Marit. Fr., Paris, Imp. nat., t. 6 (1), pp 191-248.

BORDAS (M.) - 1963 - Contribution à l'étude des relations entre le débit générateur et les méandres d'une rivière.
Porto Alegre, *Univ. Rio Grande Do Sul*, 78 p.

BOULAINE (J.) - 1978 - Les Unités cartographiques en pédologie. Analyse de la notion de Génon.
Sc. Sol, Bull. Ass. Fr. Et. Sol, n° 1, pp 15-30.

BOUNICEAU (M.) - 1845 - *Etude de la navigation des rivières à marée et de la conquête des lais et relais de leur embouchure.* Paris, *Mathias*, 304 p., pl.

•BOUQUET DE LA GRYE (A.) - 1873 - *Pilote des Côtes Ouest de France. Tome 2 : partie comprise entre la Loire et la Bidassoa, et côte Nord d'Espagne jusques et y compris Saint Sébastien.*
Paris, *Imp. nat.*, 384 p.

•BOUQUET de LA GRYE (A.) - 1877 - Etude hydrographique de la baie de La Rochelle en 1876 et projet d'établissement d'un nouveau bassin à flot.
Rech. Hydrogr. sur le régime des côtes, 6 è cahier, Serv. Hydrog. Marine, n° 579, 76 p.

•BOUQUET DE LA GRYE (A.) - 1882 - Le régime hydrographique des pertuis de la Charente inférieure.
Journ. Hist. Nat. Bordeaux Sud-Ouest, t. 1, pp 160-164.

•BOUQUET DE LA GRYE (A.) - 1902 - Les courants du Golfe de Gascogne.
Bull. Géog. Hist. descript., n° 1, pp 48-52.

BOURGES (F.) - 1973 a - Etude et construction des remblais sur sols compressibles, enseignements pratiques tirés des recherches
Remblais sur sols compressibles, Bull. Liaison Lab. Ponts et Chaussées, spécial T, pp 9-23.

BOURGES (F.) - 1973 b - Etude du Fluage d'éprouvettes de vase non drainée.
Remblais sur sols compressibles, Bull. Liaison Lab. Ponts et Chaussées, spécial T, pp 346-352.

BOURGES (F.), PAUTE (J.-L.), MIEUSSENS (C.) - 1973 - Généralités sur les remblais et les sols de fondation.
Remblais sur sols compressibles, Bull. Liaison Lab. Ponts et Chaussées, spécial T, pp 90-98.

•BOURGUEIL (P.), MOREAU (P.) - 1968 - Carte géologique à 1/50000. Saintes: *B.R.G.M.*, 1 pl. + notice

•BOURGUEIL (P.), MOREAU (P.) - 1972 - Carte géologique à 1/50000. Rochefort: *B.R.G.M.*; 1 pl. + notice

•BOURRU (H.) - 1882 - Sur l'Etat sanitaire de la ville de Rochefort.
Cong. Ass. Fr. avanc. Sci ., C. R., pp 710-715

•BOUTIN (R.) - 1964 - Recherches sur l'Origine d'une ancienne chaussée.
Roccafortis, n° 11, pp 2-10.

BOYE (M.), MOULINE (M.), PRATVIEL (L.), VIGUIER (C.) - 1968 - Relations entre la forme des cours inférieurs de la Garonne et de la Dordogne et les topographies souterraines tertiaires.
Rev. Géom. dyn., t. 18, pp 83-91.

BRAUN-BLANQUET (J.) - 1949 - La Phytosociologie au service du pays.
Comm. S.I.G.M.A., t. 102, pp 1-77.

•BRESSOLIER (C.) - 1974 - Processus d'actions dynamiques et réponses sédimentaires à la Pointe de la Coubre.
Dinard, *Mém. Lab. Géomorphologie E.P.H.E.*, n° 27, 157 p.

•BRESSOLIER (C.) - 1974 - Géomorphologie de la Pointe de la Coubre (France) en 1973.
Photo Interprétation, t. 13, 1974/3, pp 32-40.

•BRESSOLIER (C.), HUGER (J.) - 1974 - Evolution de la Pointe de la Coubre (France) de 1950 à 1971.
Photo Interprétation, t. 13, 1974/3, pp 19-31.

BRGM-BEICIP - 1974 - La France vue de satellite. Orléans, *B.R.G.M.*, 1 feuille.

BRICE (J. C.) - 1974 - Evolution of meander loops.
Geol. Soc. America. Bull., t. 85, pp 581-586.

BRIDGES (P. H.), LEEDER (M. R.) - 1976 - Sedimentary model for intertidal mudflat channels, with examples from the Solway firth, Scotland.
Sedimentology Netherl., n° 4, pp 533-552.

•BRION (C.) - 1973 - *Analyse pollinique d'une tourbière Sub-Atlantique du Marais Poitevin (Le Vanneau, Deux Sèvres).* Poitiers, *Thèse 3 è cycle*, 94 p.

BRIQUET (A.) - 1930a- *Le littoral du Nord de la France et son évolution morphologique.* Paris, *A. Colin*, 439 p.

BRIQUET (A.) - 1930 b - *L'évolution du rivage du Nord de la France et l'activité de l'homme.* Paris, *A. Colin*, 41 p.

BROC (N.) - 1970 - *La Géographie des Philosophes.* Lille, *Serv. Repr. Thèses*, 299 p.

BROOKS (D. J.) - 1975 - Landsat measures of water clarity. *Photog. Eng. Rem. Sens.*, t. 41, pp 1269-1271.

BROQUET (P.) - 1970 - La Notion d'olistostrome et d'olistolite. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. 90, pp 77-86.

BROWN (A. P.) - 1971 - The Empetrum pollen record as a climatic indication in the late Weichselian and early Flandrian of the British Isles. *New Phytol.*, t. 70, pp 841-849.

BRUN (F.), FONTANEL (A.), LALLEMAND (C.), LEGENDRE (G.), RIVEREAU (J.-C.), THOMAS (G.) - 1974 - Comparaison de différentes techniques numériques servant à la classification des données multispectrales. Application à la Géographie. *Europ. Earth Res. Sat. Exp.*, Symp. Frascati, ESRO, pp 303-316.

BRUN (F.), DENEGRE (J.), PASQUIER (B.) - 1977 - Recherches en cartographie et photo-interprétation. *Le Traitement automatisé de l'Image.* Paris, *Doc. Fr.*, 480 p.

BUREAU (J.-L.), NAMIAN (P.) - 1972 - *Dictionnaire de l'Informatique.* Paris, *Larousse*, 224 p.

•BURNET (C.), GABET (C.) - 1966 - Le Dolmen de Chateauroux à Tonnay- Charente (Charente Maritime). *Bull. Soc. Préhist. Fr.*, t. 63, pp 343-352.

BUTERA (K.) - 1975 - The Mapping of marsh vegetation using aircraft multispectral scanner data. *Nasa Erts Survey Symp.*, Houston, vol I, C, pp 2147-2166, 26 fig.

CABALLE (G.), LACAZE (B.), LONG (G.) - 1974 - Etude qualitative de quelques images ERTS 1 du projet GOLION. Aspects écologiques des milieux terrestres. *Europ. Earth Res. Sat. Exp.*, Symp. Frascati, ESRO, pp 363-370.

•CAILLEUX (A.) - 1948 - Les Formations superficielles de la Feuille de Saintes au 1/80000. *Bull. Serv. Carte Géol. Fr.*, t. 46, pp 131-137.

•CAILLEUX (A.) - 1951 - Influences climatiques et humaines sur l'alluvionnement de la Charente. Bordeaux, *Sédimentation et Quaternaire*, 1949, p.306

CAILLEUX (A.) - 1965 - L'énergie éolienne en France et dans le monde. *Ann. Géog.*, t. 74, pp 257-260.

•CAILLEUX (A.), GILLARD (P.) - 1952 - Carte géologique détaillée de la France. Feuille de Saintes au 1/80000, 2 è édition. *Serv. Carte Géol. Fr.*

CAILLEUX (A.), TRICART (J.) - 1956 - Le Problème de la classification des faits géomorphologiques. *Ann. Géogr.*, t. 65, pp 162-186.

CAIRE (A.) - 1975 - Les Règles de la fracturation continentale et le rôle des géo-fracturesdans l'évolution de l'écorce terrestre *Rev. Géog. phys. Géol. dyn.* (2), t. 17, pp 319-354

CAIRO (L.), VUILLAUME (Y.) - 1977 - Traitement des images de télédétection multispectrale en hydrogéologie. *Le Traitement Automatisé de l'Image*, Paris, *Doc. Fr.*, 480 p.

•CALLAME (B.) - 1961 - Contribution à l'étude du milieu meuble intercotidal (Côtes charentaises). *Trav. Centre Rech. Et. Océanogr.*, t. 6, 118 p.

•CALLAME (B) - 1976 - Notes sur l'interprétation de la carte infographique "Le Pertuis Breton et ses rivages", établie à partir des données du satellite ERTS 1. *Soc. Fr. Photogrammétrie, Bull.* 62, pp 33-36, 1 pl. coul.

CANDIDA (L.) - 1951 - *Saline Adriatice .* *Mém. Geog. Econ.*, Napoli, t. 5, 92 p., 12 pl.

CANDOLLE (A. de) - 1855 - *Géographie botanique raisonnée, ou exposition des faits principaux et des lois concernant la distribution géographique des plantes de l'époque actuelle.* Paris, *Masson*, 2 vol., 1366 p., 2 cartes h.t., table des espèces.

CANTRELL (J. L.) - 1964 - Infrared Geology. *Photog. Eng.*, t. 30, pp 916-922.

CARALP (M.), DUPRAT (J.), MOYES (J.), PUJOS (J.) - 1974 - La Stratigraphie du Pléistocène supérieur et de l'Holocène dans le golfe de Gascogne. Essai de synthèse des critères actuellement utilisables. *Boreas*, Oslo, t. 3, pp 35-40.

CARALP (M.), VIGNEAUX (M.) - 1976 - Données actuelles sur la sédimentation récente dans le golfe de Gascogne.
Bull. Inst. Géol. Bassin Aquitaine, n° 19, pp 87-147.

•CARATINI (C.) - 1968 - Analyse palynologique d'un sédiment actuel : vases de l'Anse de l'Aiguillon (Vendée et Charente Maritime).
C. R. som. séances Soc. Géol. Fr., pp 72-74.

CARLSON (R. E.), ASPIAZU (C.) - 1975 - Cropland acreage estimates from temporal multispectral ERTS 1 data.
Rem. Sens. Environnement, t. 4, pp 237-243.

CARRE (J.) - 1969 - *Lecture des photographies aériennes.*
Paris, *I.G.N.*, 107 p.

CASSIRAME (P.) - 1977 - *Méthodes de classification des données multidimensionnelles en télédétection. Application à la cartographie d'une région agricole (Camargue).*
Toulouse, *Th. Univ. Paul Sabatier*, C.E.S.R.

•CASSOUDEBAT (M.), PLATEL (J.-P.) - 1976 - Sédimentologie et paléogéographie du Turonien de la bordure septentrionale du Bassin Aquitain.
Bull. B.R.G.M., (2), sect. 1, pp 85-102.

•CASTAING (P.), JOUANNEAU (J.-M.) - 1976 - Les Mécanismes de formation de la flèche de la Coubre à l'embouchure de la Gironde.
Bull. Inst. Géol. Bassin Aquitaine, n° 19, pp 187-196.

CAYEUX (A. de) - 1969 - *La Science de la Terre.*
Paris, *Bordas*, Enc. Géog., 799 p., pl.

CAZABAT (C.) - 1969 - L'Interprétation des photographies aériennes.
Soc. Fr. Photogrammétrie, Bull. 36, pp 17-29 ; *Bull. Inf. Inst. Géog. Nat.*, 8, pp 11-31.

CAZABAT (C.) - 1973 - L'Intérêt de la méthode des équidensités : application au milieu littoral.
Bull. Ass. Géog. Fr., n° 411-412, pp 713-717.

CAZABAT (C.) - 1975 - Topologie ertsienne de la France (premiers résultats).
Soc. Fr. Photogrammétrie, Bull. 60, pp 21-36

CAZABAT (C.) - 1975 - Initiation pratique à la télédétection.
Paris, *Ec. Nat. Sc. Géog.*, chap. 1, 1 fasc., 38 p.

CAZABAT (C.) - 1976 - Application du satellite ERTS 1 à la cartographie traditionnelle.
Bull. Inf. Inst. Géog. Nat., n° 32, pp 13-18.

CAZABAT (C.), REGRAIN (R.) - 1975 - Géographie orbitale de la Picardie.
Picardie Information, Amiens, n° 17, pp 26-30, 1 pl. coul.

•C.E.R.A.F.E.R. - 1968 - *Les Marais de la Charente maritime, étude technique et économique*
La Rochelle, *Dir. Dép. Agriculture*, 3 vol., 82 + 129 + 30 p.

CHADULE (Groupe) - 1974 - *Initiation aux méthodes statistiques en Géographie.*
Paris, *Masson*, 192 p.

CHANDA (E.) - éd. 1976 - *Remote Sensing for Environmental Sciences.*
Berlin, *Springer*, XIII + 367 p.

•CHARDONNET (J.) - 1972 - La Baie de Marennes, étude géomorphologique et hydrologique.
Géographie et recherche, n° 4, pp 1-35.

•CHARDONNET (J.) - 1974 - L'Ostréiculture dans le Bassin de Marennes.
Géographie et Recherche, n° 9, pp 23-50.

•CHARDONNET (J.) - 1976 - Notes sur l'Evolution de la Côte de la Coubre et des fonds dans l'embouchure de la Gironde au Nord du Platier de Cordouan depuis 1677.
Géographie et Recherche, n° 20, pp 75-86.

•CHATIN (J.) - 1894 - cité *in* J. MOREAU, 1970.

CHEVAILLER (J.-C.) - 1974 - *Classification en analyse économique spatiale.*
Paris, *Cujas, T.E.M. Espace*, n° 7, 181 p.

CHEVALLIER (A.) - 1945 - Les transformations survenues dans le paysage rural et dans les cultures du Nord-Ouest de la France, depuis le début du Néolithique jusqu'au début de l'ère chrétienne.
C. R. séances Soc. Biogéog., t. 21, pp 2-8.

CHEVALLIER (R.) - 1971 - *La photographie aérienne.*
Paris, *A. Colin*, U 2, 233 p.

CHEVALLIER (R.), FONTANEL (A.), GRAU (G.), GUY (M.) - 1970 Application of optical filtering to the study of aerial photographs.
Photogrammetria, Amsterdam, t. 26, pp 17-35.

CHOROWICZ (J.), PAUL (S.) - 1974 - Mise en évidence de linéaments en Provence occidentale, sur des images obtenues par le satellite ERTS 1 ; leur signification structurale.
Bull. Soc. Géol. Fr. (7), t. 16, pp 491-497.

CLAUZON (G.), COURTOT (R.), RIBOT (J.-M.) - 1976 - Le Vaucluse vu du satellite Landsat 1. (Fiche pédagogique 12 : Télédétection)
Etudes vauclusiennes, Avignon, n° 16, pp 35-39.

CLET-PELLERIN (M.), HUAULT (M.-F.), LARSONNEUR (C.), PELLERIN (J.) - 1977 - La basse vallée de l'Orne : le remblaiement périglaciaire et postglaciaire, l'évolution paléogéographique et l'histoire de la végétation.
Bull. Soc. Linn. Normandie, Caen, 105 (1975-1976), pp 23-44.

CNES - 1971 - voir ALOUGES, 1971.

COLVOCORESSES (P. A.) - 1976 - Overall evaluation of Landsat (ERTS) follow-on imagery for cartographic application.
Weekly Government Abstract, NASA- ERSP, 2 Août 1976, 1 p.

•COMBARNOUS (M.), LUTTON (M.) - 1910 - Notice complémentaire sur le port de Rochefort : modifications survenues de 1880 à 1909. Paris, Imp. nat., 40 p. (Extrait des *Ports Maritimes de France*).

CONSEIL DE L'EUROPE - 1977 - Séminaire européen *"Aménagement du territoire et télédétection"*, 20-24 Juin 1977 ; Toulouse. Paris, *C.E.G.E.R.N.A.*, 316 p.

CONWAY (D.), HOLZ (R.K.) - 1973 - The Use of near infra-red photography in the analysis of surface morphology of an Argentina flood plain.
Rem. Sens. Environment, t. 2, pp 235-242.

COQUE (R.) - 1976 - *Géomorphologie.*
Paris, *A. Colin*, U, 430 p.

COQUE-DELHUILLE (B.), PAUL (S.) - 1977 - L'apport de la télédétection par radar latéral aéroporté à l'étude structurale des socles cristallins : l'exemple de la Margeride occidentale.
Rev. Géomorphol. dyn., t. 26, pp 113-120.

•CORLIEUX (M.) - 1968 - Note sur le falun de la Morelière et sa disparition.
Ann. Soc. Sc. Nat. Charente Maritime, t. 4, pp 20-22.

•CORLIEUX (M.) - 1970 - Observations géologiques au Chay, commune d'Angoulins-sur-Mer.
La Rochelle, *Ann. Soc. Sc. Nat. Charente Maritime*, t. 5, pp 70-83.

•CORLIEUX (M.) - 1972 - *Géologie abrégée de la Charente Maritime.*
La Rochelle, *Ann. Soc. Sc. Nat. Charente Martime*, 126 p. (suppl.).

COUDERC (J.-M.) - 1971 - A propos de la Gâtine tourangelle : réflexions sur le terme de gâtine.
Norois, t. 18, pp 5-23.

COUDOUX (J.) - 1977 - Les paysages du Boulonnais et de ses abords. Etude multispectrale des images Landsat 1 du 10 Juil. 1973
Hommes et Terres du Nord, 1977-1, pp 97-112.

COUDOUX (J.) - 1978 - Apports de la télédétection à la cartographie des paysages agraires français.
A.S.E. Colloque Toulouse, Mars 1978, CNES, pp 103-116, 5 fig.

COUR (P.), DUZER (D.), PLANCHAIS (N.) - 1972-1973 - Analyses polliniques de l'atmosphère de Montpellier.
Naturalia monspeliensa, série Bot., fasc. 23-24, pp 225-229.

COURTIER (M.) - 1934 - Données numériques concernant les marées des côtes de France.
Rech. hydr. sur le régime des côtes, 23 è cahier, 72 p.

COURTOT (R.), RIBOT (J.-M.) - 1976 - Note technique sur les équidensités (isodensités) ; application à la région de Valence (Espagne).
Méditerranée, (2), t. 27, pp 81-85.

•COUSSERANS (J.), GABINAUD (A.), MAS (J.-P.), SIMONNEAU (P.) - 1972 - Les Bases phyto-écologiques actuelles de la lutte anticulicidienne sur le littoral atlantique charentais.
Ann. Soc. Sc. Nat. Charente Maritime, t. 5, pp 193-208.

•COUSSERANS (J.), SIMONNEAU (P.) - 1972 - Le Substrat dans les biotopes larvaires à Culicidés de la Charente Maritime.
Ann. Soc. Sc. Nat. Charente Maritime, t. 5, pp 209-226.

COUTEAUX (M.) - 1970 - Origine et extension postglaciaire du Hêtre dans le bassin d'Aquitaine.
C.R. Acad. Sc. Paris, t. 270, D, pp 690-693.

•CRAHAY de FRANCHIMONT (M.) - 1885 - (Notices sur les ports de l'Ile d'Aix, pp 69-76, du Port des Barques, pp 77-82, de Tonnay-Charente, pp 131-151, de Brouage, pp 153-170, de Marennes et du Chenal du Lindron, pp 155-287).
Ports Marit. Fr., Paris, Imp. nat., t. 6 (1).

•CRAHAY de FRANCHIMONT (M.) - 1895 - Notice sur la construction du troisième bassin à flot de Rochefort.
Ann. Ponts et Chaussées, Mém. Doc., t. 9, pp 459-602, 8 pl. h.t.

•CRIE (L.) - 1889 - Recherches sur les végétaux fossiles de l'Ile d'Aix (Charente Inférieure).
Ann. Soc. Sc. Nat. Charente Inférieure, n° 26, pp 231-237.

CROMMELIN (R. D.) - 1951 - Quelques Aspects granulométriques et minéralogiques de la sédimentation le long de l'estuaire de l'Escaut.
Bordeaux, *Congrès Sédimentation et Quaternaire*, 1949, pp 63-71.

CRUETTE (D.) - 1974 - Ondes de relief à partir de photographies de satellites météorologiques et de mesures en avion et en planeur.
Rev. Secr. Gén. Aviat. Civile, pp 116-130.

CURTIS (L. F.), HOOPER (A. J.) - 1974 - Ground truth measurements in relation to hovercraft and satellite studies of agricultural land use and land classification in Britain.
Europ. Earth Res. Sat. Exp., Symp. Frascati, ESRO, pp 405-415.

•DALIBON (L.), MAS (J.-P.) - 1976 - Géomorphologie et hydrologie des aires culicidogènes de l'île de Ré.
Ann. Soc. Sc. Nat. Charente Maritime, t. 6, pp 203-217.

•DALIBON (L.), MAS (J.-P.), SIMONNEAU (P.) - 1974 - Contribution à l'étude des substrats des phytocénoses fertiles sur le littoral atlantique entre Loire et Gironde.
Ann. Soc. Sc. Nat. Charente Maritime, t. 6, pp 36-48.

DALLAM (W. C.), RANGO (A.) - 1975 - Hydrologic land use classifications of the Patuxent river watershed using ERTS-1 digital data.
41 st ann. meet. Am. Soc. Photogramm., Washington, pp 160-169.

DANGEARD (L.), MIGNIOT (C.), LARSONNEUR (C.), BAUDET (P.) - 1964 - Figures et structures observées au cours du tassement des vases sous l'eau.
C. R. Acad. Sc. Paris, t. 258, pp 5935-5938.

•DANIEL (J.) - 1975 - Une carte peu connue de la presqu'île d'Arvert.
Roccafortis, (2), t. 3, pp 167-168.

•DANTAN (M.) - 1969 - Paysage et utilisation de la côte charentaise de part et d'autre de l'estuaire de la Seudre.
Dipl. Et. Sup. Géog. Fac. Lettres Sc. hum. Paris, Géographie, 161 p., h. t..

•DASSIE (J.) - 1974 - Archéologie aérienne. Contribution à l'utilisation de la météorologie pour une prévision des phénomènes révélateurs d'origine hydrique.
Soc. fr. Photogrammétrie, Bull n° 53, pp 41-55.

DASSIE (J.) - 1978 - *Manuel d'Archéologie aérienne.*
Paris, *Technip*, 376 p.

DAVID (D.-J.) - 1974 - *Informatique. Hardware, Fortran, APL, cartes-contrôle...*
Paris, *E.T.S.F.*, 331 p.

DAVID (D.-J.), DERIES (J.), VERGER (F.) - 1974 - Cartographie automatique des marais et wadden à partir des données multispectrales d'ERTS-1.
Dinard, *Mém. Lab. Géomorphologie E.P.H.E.*, n° 26, 86 p.

DAVID (D.-J.), DERIES (J.), VERGER (F.) - 1975 - Automatic cartography of Erts remote sensing data.
J. Brit. Interplanetary Soc., t. 28, pp 624-628.

•DAVID (J.) - 1961 - Hydrogéologie et géochimie de la région de Rochefort-sur-Mer.
Trav. Lab. Hydrogéol. Géochim. Fac. Sc. Univ. Bordeaux, t. 6, 124 p., 19 pl.

•DECANTE (E.) - 1885 - Note sur les marées de la Charente à Rochefort-sur-Mer.
Bull. Soc. Géogr. Rochefort, t. 7, pp 3-15.

DELACROIX (F.), THOMAS (Y.-F.), VERGER (F.) - 1977 - Classification des paysages à partir des données multispectrales de télédétection.
Le Traitement Automatisé de l'Image, Paris, *Doc. Fr.*, pp 329-338.

•DELAFOSSE (M.), LAVEAU (C.) - 1960 - *Le commerce du sel de Brouage aux XVII et XVIII è siècles.*
Paris, *A. Colin, Cah. des Annales*, 134 p.

DE LANGHE (J.-E.) - 1978 - L'origine des mots slikke, schorre et polder.
Natura Mosana, t. 31, pp 18-21.

•DELAVAUD (C.) - 1893 - Une visite à Brouage, la ville morte.
Bull. Soc. Géog. Rochefort, t. 15, pp 174-191.

•DELFAUD (J.) - 1969 - *Essai sur la géologie dynamique du domaine aquitano-pyrénéen durant le Jurassique et le Crétacé inférieur.*
Bordeaux, *Thèse Fac. Sc.*, 875 p.

•DELFAUD (J.), GAUTHIER (J.) - 1968 - Contribution à la connaissance de l'environnement des dépôts carbonatés de plateforme caractères géochimiques et sédimentologiques du Jurassique nord-aquitain.
Bull. Centre Rech. Pau SNPA, t. 2, pp 347-383.

DELIBRIAS (G.), GIOT (P. R.) - 1970 - Inadéquation, hétérogénéité et contamination des échantillons soumis pour les datations Radiocarbone.
Bull. Soc. Préhist. Fr., t. 67, C. R. séances mens. n° 5, pp 135-137.

DEMANGEON (A.) - 1905 - *La Picardie et les régions voisines. Artois, Cambrésis, Beauvaisis.*
Paris, *A. Colin*, 1 è édit. (4 è édit. 1973, *Guenegaud*, XX + 496 p.)

DEMARCQ (Y.), RUDELLE (J.), VIGNON (F.) - 1976 - Quand le littoral picard a la fièvre, la Station d'Etudes en Baie de Somme prend sa température.
Picardie Information, Amiens, n° 23, pp 35-48.

DEMARCQ (Y.), RUDELLE (J.) - 1977 - Thermographie de la baie d'Authie, France.
Photo Interprétation, t. 16, 77/2, pp 15-23.

DEMARCQ (Y.), REGRAIN (R.), RUDELLE (J.) - 1979 - Deux méthodes d'analyse des données de télédétection ; application à la géomorphologie et à l'aménagement du littoral picard.
Dinard, *Mém. Lab. Géomorphologie E.P.H.E.*, n° 32, 105 p.

DEMATHIEU (P.) - 1973 - Les Données de la télédétection.
Bull. Ass. Géog. Fr., n° 411-412, pp 697-699.

DEMATHIEU (P.), BROSSIER (R.) - 1974 - L'Interprétation des données ERTS-1 pour l'étude de la façade Ouest de la France (Programme FRALIT).
Eur. Earth Res. Sat. Exp., Symp. Frascati, ESRO, pp 143-150.

DEMATHIEU (P.), VERGER (F.) - 1973 - Etude des eaux estuariennes et littorales sur deux images ERTS-1.
Photo Interprétation, t. 12, 73/5, pp 8-16.

•DEMATHIEU (P.), VERGER (F.) - 1973b- The utilisation of ERTS-1 data for study of the French Atlantic Littoral.
NASA, January 1974, 91 p.

•DEMATHIEU (P.), VERGER (F.) - 1974 - The utilisation of ERTS-1 data for the study of the French Atlantic Littoral.
3 rd ERTS-1 Symp., t. 1, sect. B, pp 1447-1450.

•DERANCOURT (Cdt.) - 1930 - Reconstitution des coordonnées géographiques de Ptolémée sur le littoral atlantique et variations littorales entre Loire et Gironde.
Rev. Archéol., (5), t. 31, pp 74-92.

DERCOURT (J.), PAQUET (J.) - 1978 - *Géologie, objets et méthodes.*
Paris, *Dunod*, (Université), 3 è éd., 331 p.

DEROUBAIX (P.) - 1978 - *La Télédétection, un nouveau regard sur la Terre.* Film 16 mm, *(Les Films du Centaure)*, GDTA éd.

DERRUAU (M.) - 1967 - *Précis de Géomorphologie.*
Paris, *Masson*, 5 è édit. 416 p. ; 6 è édit. 1974, 468 p.

DESDOIGTS (J.-Y.) - 1970 - Le Marais de Dol occidental, étude géomorphologique.
Dinard, *Mém. Lab. Géomorphologie E.P.H.E.*, n° 18, 237 p.

DESDOIGTS (J.-Y.) - 1973 - Intérêt de l'observation aérienne dans les recherches littorales.
Rev. Géom. Dyn., t. 22, pp 2-14.

DESDOIGTS (J. Y.), VERGER (F.) - 1969 - Le Mont Dol et les marais.
VIII è Cong. INQUA, Paris, *Livret guide excursion C 11, Normandie*, pp 83-85.

DE SMET (L. A. H.) - 1962 - *Het Dollardgebiet.*
Wageningen, Centrum voor Landbouwpublicaties en Landbouwdocumentatie , 292 p., pl.

DESPRAIRIES (A.) - 1962 - *Etude sédimentologique de l'Oligocène de la Limagne de Brioude (Haute Loire).*
Orsay, *Thèse 3 è cycle Sédimentologie*, 80 p.

•DEVEAU (M.) - 1974 - *Histoire de l'Aunis et de la Saintonge.*
Paris, *P.U.F.*, 128 p.

DIDAY (E.), LEBART (L.) - 1977 - L'Analyse des données.
La Recherche, t. 8, pp 15-25.

•DIENNE (Cte de) - 1892 - *Histoire du dessèchement des lacs et des marais en France jusqu'en 1889.*
Paris, *Champion*, 566 p.

DIETZ (R.S.) - 1963 - Wave base, marine profile of equilibrium and wave-built terraces : a critical apparaisal.
Geol. Soc. Amer. Bull., t. 74, pp 971-990, 1275-1281.

DION (R.) - 1959 - *Histoire de la vigne et du vin en France des origines au XIX è siècle.*
Paris, *Dion*, 768 p.

DIOT (M.-F.) - 1969 - *Recherches sur le Post-Glaciaire de la vallée de la Boeme (Charente) : Géologie, Palynologie.*
Bordeaux, *Thèse 3 è cycle Géol.*, 221 p., 37 pl.

DIOT (M.-F.), BAUDRIMONT (R.) - 1969 - Zonation paléoclimatique d'une tourbière de Charente : étude des pollens et des diatomées.
C. R. Acad. Sc. Paris, t. 269, pp 20-23.

DOLAN (R.), VINCENT (L.) - 1973 - Coastal processes. High altitude aerial photographs aid in investigations.
Photog. Eng., t. 39, pp 255-260.

DOLLFUS (O.) - 1971 - *L'Analyse géographique.*
Paris, *P.U.F.*, 125 p.

DOLLFUS (O.) - 1972 - *L'Espace géographique.*
Paris, *P.U.F.*, 128 p.

DONKER (N. H. W.), MULDER (N. J.) - 1977 - Analysis of MSS digital imagery with the aid of principal component transform.
I.T.C. Journal, 1977-3, pp 434-466.

DONNER (J. J.) - 1969 - Holocene pollens diagrams from the Beune Valley (Dordogne).
Pollen & Spores, t. 11, pp 97-116.

DONNER (J. J.) - 1971 - Towards a stratigraphical division of the Finnish Quaternary.
Commentationes Physico-Mathematicae, t. 41, pp 281-305.

DONNER (J.), JUNGER (H.) - 1975 - Radiocarbon dating of shells from marine Holocene deposits in the Disko Bight area, West Greenland.
Boreas, Oslo, t. 4, pp 25-45.

DONVILLE (B.) - 1976 - Répartition de faciès au sein de dépôts alluviaux. Apports de la télédétection infra-rouge.
Bull. B.R.G.M. (2) sect 2, pp 213-220, 5 fig., 3 photog.

•DOUVILLE (H.) - 1918 - Les Phénomènes de décalcification dans les environs de Vallières, près Royan.
C. R. som. Soc. Géol. Fr., 1918, pp 41-42.

DRICOT (E. M.) - 1960 - Recherches palynologiques sur le plateau des Hautes Fagnes.
Bull. Soc. Roy. Bot. Belgique, t. 92, pp 156- 196.

•DROUIN (A.) - 1933-1941 - Les Marais salants d'Aunis et de Saintonge jusqu'en 1789.
Rev. Saintonge Aunis, t. 45 (1933-1935) pp 293-303 ; t. 46 (1935-1940) pp 17-33, 102-114, 148-156, 224-234, 282-290 ; t. 47 (1941) pp 38-49.

•DUBOIS (G.), DUBOIS (C.) - 1949 - L'évolution forestière flandrienne dans la région charentaise.
Bordeaux, *Sédimentation et Quaternaire*, pp 221-224.

DUCHAUFOUR (P.) - 1970 - *Précis de Pédologie.*
Paris, *Masson*, 3 è édit., 481 p.

•DUCLOUX (J.), NIJS (R.) - 1972 - Contribution à l'étude géologique et géomorphologique du marais poitevin.
Bull. Soc. Belge Géol. Paléont. Hydrol., t. 81, pp 227-249.

•DUGUET (J.) - 1971 - Les Seigneurs de Chatelaillon, vers 1005 - vers 1135 ; note généalogique.
Bull. Soc. Géog. Rochefort (2), t. 2, pp 255-265.

DUPLAN (L.) - 1974 - La Détermination des linéaments grâce aux méthodes géomorphologiques et à l'étude des images transmises du satellite ERTS -1.
C. R. Acad. Sc. Paris, t. 278, D, pp 693-695.

•DUPUIS (J.), NIJS (R.), SALIN (R.), FOURNIER (B.) - 1968-1969 - *Etude pédologique du Marais Poitevin.*
Labor. Pédol. Fac. Sc. Poitiers, t. 1, 1968, 208 + 5 p. ; t. 2, 1969, 144 + 7 p.

DUPUIS (M.) - 1962 - Notes complémentaires sur l'utilisation des photographies aériennes dans le domaine de l'étude des sols.
Bull. Ass. Fr. Et. Sols, Fév. 1962, pp 105-119.

DURAND (J.-H.) - 1973 - Géochimie des sols des bassins paraliques. Données générales sur leur mise en valeur.
L'Agronom. tropic., t. 28, pp 640-644.

DURAND (J.-H.) - 1974 - Evolution biochimique du soufre dans les sols des domaines paraliques.
Rev. Géog. Phys. Géol. Dyn., (2), t. 16, pp 5-22.

•DURAND-CLAYE (C.) - 1872 - (Analyse d'une) Terre de Bri (de la) Charente Inférieure.
Ann. Mines, (7), t. 2, p 367 (*In :* DELESSE et de LAPPARENT, Rev. de Géologie pour les années 1870 et 1871 pp 343-547).

DUVIGNEAUD (P.) - 1974 - *La synthèse écologique.*
Paris, *Doin*, 296 p., pl.

EITEL (D. F.) - 1972 - An overview of remote sensing for wetlands investigations.
Remote sensing Earth Resources Conf., Earth Resources Obs. inf. Anal. Syst., Tullahoma, *Tenn. Univ.*, pp 179-192.

ELHAI (H.) - 1960 - La Tourbière de Gathemo (Manche-Normandie).
Pollen & Spores, t. 2, pp 263-274.

ELHAI (H.) - 1963 - *La Normandie occidentale entre la Seine et le golfe normand-breton. Etude morphologique.*
Bordeaux, *Bière*, 624 p.

ELHAI (H.) - 1964 - *Biogéographie des paysages végétaux du Quaternaire en Europe occidentale.*
Paris, *C.D.U.*, 121 p., 30 fig.

ELHAI (H.), PRENANT (A.) - 1963 - Présence et extension d'un niveau marin littoral interglaciaire sur la côte du Médoc.
Bull. Soc. Géol. Fr., (7), t. 5, pp 495-507.

ELHAI (H.), LABIOLE (M.) - 1966 - Analyses polliniques de deux tourbières normandes, La Saugsurière et Monfreville.
C. R. Soc. Biog., t. 42, n° 371-2, pp 108-119.

•ENJALBERT (H.) - 1960 - *Les pays aquitains, le modelé et les sols.*
Bordeaux, *Bière*, t. 1, 618 p.

ENJALBERT (H.) - 1975 - *Histoire de la vigne et du vin. (L'avénement de la qualité).*
Paris, *Bordas*, 207 p.

EMSALEM (R.) - 1970 - *Climatologie générale.* t. 1 Fondements des équilibres atmosphériques.
Alger, *S.N.E.D.*, 215 p.

ERDTMAN (G.) - 1954 - *An introduction to pollen analysis.*
Mass., *Woltham*, 239 p.

ERONEN (M.) - 1974 - The history of the Litorina Sea and associated holocene events.
Commentationes Physico-Mathematicae, Helsinki, t. 44, n° 4, pp 79-195, suppl.

ESCOURROU (G.) - 1972 - Recherches sur l'originalité du climat côtier.
4 è Cong. Int. Mer, 7-14 Mai 1972 ; Dinard, Saint Malo, Granville. *Textes intégraux des rapports et communications*, pp 215-220.

EVANS (R.) - 1972 - Air photographs for soil survey in Lowland England : soil patterns.
The Photogram. Record, t. 7, pp 302-322.

EVANS (R.), HEAD (J.), DIRKZWAGER (M.) - 1976 - Air photo tones and soil properties : implications for interpreting satellite imagery.
Rem. Sens. Environment, t. 4, pp 265-280.

EXPILLY (Abbé) - 1762-1770 - *Dictionnaire géographique, historique et politique des Gaules et de la France.*
Amsterdam, 6 vol.

FABRE (A.))- 1939 - *Les terrains de revêtement du Médoc.*
Bordeaux, *Drouillard; Thèse Sciences Paris*, 346 p.

•FACON (R.) - 1965 - La Pointe de la Coubre (Charente Maritime), étude morphologique.
Norois, t. 12, pp 165-180.

•FACON (R.) - 1968 - L'Ile Madame (Charente-Maritime). Etude morphologique
Norois, t. 15, pp 201-211, 1 pl. coul. h. texte.

•FACON (R.) - 1969 - La Pointe de la Coubre et Bonne Anse.
Paris, *VIII è Congrès INQUA, Livret Guide excursion A 4*, pp 119-121.

FACON (R.) - 1976 - *Les formations superficielles, galets et sables.*
Poitiers, *Ass. Poitevine Géog.*, 170 p.

FAEGRI (K.) - 1947 - Heterodokse tanken om pollenanalysen.
Geol. Fören., Stocklom, t. 69, pp 55-56.

FAEGRI (K.), IVERSEN (J.) - 1964 - *Textbook of pollen analysis.*
Copenhagen, *Munskgaard*, 237 p., fig.

•FAILLE (R.) - 1971 - Recherches Généalogiques sur l'Ingénieur géographe Claude Masse et ses descendants.
Bull. Soc. Géogr. Rochefort, (2), t. 2, pp 227-242.

FAIRBRIDGE (R. W.) - 1958 - Dating the latest movements of the Quaternary sea level.
Trans. New York Acad. of Sc., (2), t. 20, pp 471-482.

FAIRBRIDGE (R. W.) - 1961 - Eustatic changes in sea level.
London, *Pergamon Press, Physics and Chemistry of the Earth*, t. 4, pp 99-185.

FAIRBRIDGE (R. W.) - 1968 - Art. Holocene.
Londres, *Reinhold Book Co, Encycl. Geomorphology*, pp 525-536.

•FERAL (A.), CARATINI (C.), KLINGEBIEL (A.), LEVEQUE (P. C.) - 1971 - Concordance entre les résultats obtenus à l'aide de la sédimentologie, de la palynologie et de la datation au C 14 dans l'étude d'un faciès flandrien de l'estuaire de la Gironde.
C. R. Acad. Sc. Paris, t. 272, D, pp 1201-1203.

FERGUSON (R. I.) - 1973 a - Channel pattern and sediment type.
Area, t. 5, pp 38-41.

FERGUSON (R. I.) - 1973 b - Regular meander path models.
Water Resources Research, t. 9, pp 1079-1086.

FERGUSON (R. I.) - 1975 - Meander irregularity and wavelength estimation.
J. Hydrol., t. 26, pp 315-333.

FERGUSON (R. I.) - 1976 - Disturbed periodic model for river meanders.
Earth Surf. Processes, t. 1, pp 337-347.

FERGUSON (R. I.) - 1977 - Meander sinuosity and direction variance.
Geol. Soc. Am. Bull., t. 88, pp 212-214.

FLEURY (P.) - 1971 - Lumière (Optique).
Enc. Univ., t. 10, pp 145-154.

•FLOURET (J.) - 1976 - Le Cimetière du Vieux Chatelaillon. Bilan de la fouille de sauvetage.
Rev. Saintonge Aunis, t. 2, pp 63-77.

FONTANEL (A.) - 1976 - Quelques problèmes d'interprétation en télédétection.
Helsinki, *13 è Cong. Soc. Int. Photogrammétrie*, Comm. 7, Invited Paper; *I.F.P. Rueil Malmaison*, 33 p.

FONTANEL (A.), GUY (M.) - 1972 - Télédétection.
Encycl. Univ., Paris, t. 15, pp 870-873

FONTANEL (A.), CARBONNEL (M.) - 1976 - Congrès d'Helsinki. Les prises de vues et la télédétection. (Commissions I et VII).
Soc. Fr. Photogrammétrie, Bull. n° 65, pp 6-16.

FORRESTER (J. W.) - 1971 - Counterintuitive behaviour of social systems.
Technology Review, t. 73, pp 52-sq (cité par J. de ROSNAY, 1975)

•FOURNIER (B.) - 1976 - Image radar du Marais Poitevin et de ses bordures.
Soc. Fr. Photogrammétrie, Bull. n° 61, pp 15-18.

•FOURNIER (B.) - 1977 - Utilisation des images radar et multispectrales dans la connaissance du milieu. Littoral Atlantique (France).
Toulouse, 1976, *Journ. Télédétection GDTA,* pp 141-152.

•FRADELIZI (C.) - 1976 - Les falaises de la Pointe du Chay à l'estuaire de la Gironde : étude géomorphologique.
Mém. Maîtrise Géog. Univ. Poitiers, 208 p., 1 carte h. t., inédit.

FRALIT ; BARDINET (C.), MONGET (J.-M.) - 1977 - Lanchad. Atlas régional du Tchad : *Télédétection de la zone de N'Djamena et du confluent Chari-Logone (Tchad-Cameroun).*
N'Djamena, Paris, *Convention Tchad (F.A.C.) - Accord interuniversitaire.* 114 p., 6 pl. h. t.

•FRALIT (Equipe) - 1977 - Télédétection du littoral océanique de la France.
Coll. Ec. Norm. Sup. Jeunes Filles, n° 11, 310 p.

•FRALIT (Equipe) - 1979 - Télédétection du Marais Poitevin et de ses bordures.
Paris, *Coll. Ec. Norm. Sup. Jeunes Filles,* sous presse.

•FRIDMAN (R.) - 1951 - Première vue d'ensemble sur les phénomènes littoraux en Charente Maritime.
Proceed. 3 rd Int. Cong. Sedim, Groningen-Wageningen, pp 109-113.

•FRIDMAN (R.) - 1953 - Les Minéraux argileux des vasières côtières de l'Atlantique.
C. R. Acad. Sc. Paris, t. 236, pp 2095-2097.

•FRIDMAN (R.) - 1969 - Ile d'Oléron.
Paris, *VIII è Cong. INQUA, Livret Guide excursion A 4,* pp 115-119.

•GABET (C.) - 1958 - Les Variations du littoral d'Aunis et de Saintonge.
Bull. Soc. Géog. Rochefort, (2), t. 1, pp 29-35, 47-63, 81-97.

•GABET (C.) - 1969 - Le Marais de Brouage.
Bull. Soc. Géog. Rochefort, (2), t. 2, pp 180-190, 1 pl.

•GABET (C.) - 1970 - La Transgression flandrienne en Aunis et Saintonge. Nouvelles observations dans le marais.
(Tours, 1968) *Actes 93 è Cong. Nat. Soc. Sav., Géographie,* pp 35-40.

•GABET (C.) - 1971 a - L'Exploitation seigneuriale au XVIII è siècle dans la commanderie de Thairé d'Aunis.
(Tours, 1968) *Actes 93 è Cong. Nat. Soc. Sav., Hist. Mod.,* t. 3, pp 15-22.

•GABET (C.) - 1971 b - La Transgression flandrienne dans la vallée de l'Arnoult (Charente Maritime).
Norois, t. 18, pp 117-120.

•GABET (C.) - 1971 c - La Phase terminale de la transgression flandrienne sur le littoral charentais.
Quaternaria, Rome, t. 14, pp 181-188.

•GABET (C.) - 1971 d - Les Variations des lignes du rivage d'Aunis et de Saintonge.
Ann. Soc. Sc. Nat. Charente Maritime, (2), t. 5, pp 109-123.

•GABET (C.) - 1971 e - Les Sites à sel charentais.
Soc. Archéol. Charente, Mém. pour l'année 1971, pp 261-267.

•GABET (C.) - 1972 a - Les Gisements préhistoriques submergés du littoral charentais.
(Nantes) *Actes 97 è Cong. Nat. Soc. Sav., Géographie,* pp 9-16.

•GABET (C.) - 1972 b - Un Nouveau témoignage des variations du niveau marin.
Roccafortis, Bull. Soc. Géog. Rochefort, (2), t. 3, pp 8-9.

•GABET (C.) - 1973 a - Le Site à sel de la Petite Aiguille.
Roccafortis, Bull. Soc. Géog. Rochefort, (2), t. 3, pp 39-72.

•GABET (C.) - 1973 b - Nouveau témoignage des variations du niveau marin dans le marais d'Arvert.
Ann. Soc. Sc. Nat. Charente Maritime, (2), t. 5, pp 293-302.

•GABET (C.) - 1974 - Le Banc de tourbe sur l'estran de la Perroche (Dolus, Ile d'Oléron).
Rec. Soc. Archéol. Hist. Charente Maritime, t. 25, pp 297-306.

•GABET (C.) - 1976 a - Le Site à sel de Brèze n° 1.
Roccafortis, Bull. Soc. Géog. Rochefort, (2), t. 3, pp 255-262, 5 pl.

•GABET (C.) - 1976 b - Note sur l'histoire de Chatelaillon.
Rev. Saintonge Aunis, t. 2, pp 45-61.

•GABET (C.) - 1976-1977 - Les Modifications de la ligne de rivage de la région de Chatelaillon (Charente Maritime).
Roccafortis, Bull. Soc. Géog. Rochefort, (2), t. 3, pp 270-275, 293-298.

•GABET (C.) - 1978 - Note sur les marais de Saint-Augustin et d'Arvert (Charente-Maritime).
Norois, t. 25, pp 608-614.

•GABET (C.), MASSAUD (J.) - 1965 - Le gisement Peu Richardien de La Garenne 2. (Commune de Saint Hippolyte, Charente Maritime).
Bull. Soc. Préhist. Fr., t. 62, pp 159-195.

•GABET (C.), DAVID (P.) - 1975 a - Le Gisement de Piédemont (Commune de Port-des-Barques, Charente Maritime).
Roccafortis, Bull. Soc. Géog. Rochefort, (2), t. 3, pp 177-205.

•GABET (C.), DAVID (P.) - 1975 b - La Civilisation d'Artenac.
Roccafortis, Bull. Soc. Géog. Rochefort, (2), t. 3, pp 206-210.

GAGNON (H.) - 1974 - *La photo aérienne, son interprétation dans les études de l'environnement et de l'aménagement du territoire.*
Montréal et Toronto, *HRW Ltee*, 278 p.

GALLENNE (B.) - 1974 - Sélection dynamique de la montmorillonite au sein du bouchon vaseux, dans l'estuaire de la Loire.
C. R. Acad. Sc. Paris, t. 278 D, pp 831-834.

GARDINER (V.) - 1975 - Drainage basin morphometry.
Brit. Geomorphol. Research Group, Techn. Bull. n° 14, 48 p.

•GARENC (P.) - 1957 - *Contribution à l'étude du climat entre Loire et Gironde, d'après les archives climatologiques inédites.*
Páris, *Mém. Météo Nat., Imp. Nat.*, n° 44, 197 p.

GARNIER (D.) - 1975 - *Contribution à l'étude de la pédogenèse récente : les sols sur argile à Scrobiculaires du Marais Poitevin.*
Thèse Pédol. Poitiers, 5 + 91 + 33 p.

GARVIN (L. E.) WHEELER (R. H.) - 1973 - Coastal wetlands inventory in Maryland.
Washington, *Proc. Ann. Cong. Surv. Mapp., 33 rd Ann. Meet*, pp 19-31.

GATEAU (C.), PREVOSTEAU (J. M.), SCANVIC (J. Y.), WEECKSTEEN (G.) - 1976 - Caractérisation d'un champ de fractures par analyseur d'images. Application au Massif Armoricain.
Rés. principaux rés. scient. techn. Serv. Géol. Nat., 1976,
Paris, *BRGM, R. S. 346*, 1 p., 4 phot.

GAUSSEN (H.) - 1933 - L'Histoire postglaciaire de la végétation dans le Sud-Ouest de l'Europe.
Revue générale des Sciences, n° 31, 6 p.

GAUSSEN (H.) - 1938 - Etages et zones de végétation de la France.
Ann. Géog., t. 47, pp 463-487.

GAUSSEN (H.) - 1942 - La pluviosité et les régimes pluviométriques en France.
Rev. Géog. Pyrénées Sud-Ouest, t. 11, pp 277-312.

GAUSSEN (H.), BAGNOULS (F.) - 1957 - Les climats biologiques et leur classification.
Ann. Géog., t. 66, pp 193-220.

•GAUTIER (A.) - 1835 - *Statistique du département de la Charente Inférieure.* (Révisée par une commission placée sous les auspices de M. E. de Pelet, Préfet).
La Rochelle, *G. Mareschal*, t. 1, 435 p. ; t. 2, 370 p.

•GAUTIER (M.) - 1962 - Les marais du littoral atlantique, de la baie des Trépassés à l'estuaire de la Seudre : types morphologiques.
Penn ar bed, t. 3, pp 249-256.

GEHU (J.-M.) éd 1975 - Colloque sur les vases salées.
Lille, *Doc. Phytosociol.*,

•GELIN (H.) - 1887 - Etude sur la formation de la vallée de la Sèvre Niortaise.
Mém. Soc. Stat. Sc., Lettres, Arts dép. Deux Sèvres, (3), t. 4, pp 131-184.

GENDEREN (J. L. Van) - 1973 - The use of Skylab and Erts data in an integrated natural resources development programme.
J. Brit. Interplanetary Soc., t. 26, pp 577-588.

GENDEREN (J. L. Van) - 1974 - L'Interprétation de photographies transmises par satellites avec l'utilisation de l'Interpretoscope du VEB Carl Zeiss Iena.
Rev. d'Iéna, t. 14, pp 177-182.

GEORGE (P.) - 1970 a - *Les méthodes de la Géographie.*
Paris, *P.U.F.*, 127 p.

GEORGE (P.) et coll. - 1970 b - *Dictionnaire de la Géographie.*
Paris, *P.U.F.*, 448 p.

GEURTS (M. A.) - 1979 - Paléogéographie du marais de La Prée, Charente.
Bull. Ass. Géog. fr., n° 459, pp 103-111

GIERLOFF EMDEN (H. G.) - 1976 - *Manual of interpretation of orbital remote sensing satellite photography and imagery for coastal and offshore environmental features (including lagoons, estuaries and bays).*
Munchener Geog. Abhandlungen, t. 20, 176 p.

GILBERTSON (B.), LONGSHAW (G.) - 1975 - Multispectral aerial photography as exploration tool. I. Concepts, techniques and instrumentation. - II. An application in the Bushveld igneous complex, South Africa.
Rem. Sens. Environment, t. 4, pp 129-163.

•GILLARD (P. A.) - 1944 - Contribution à la stratigraphie de la Saintonge méridionale, feuille de Saintes au 1/80000.
Bull. Serv. Carte Géol. Fr., t. 44, n° 216, pp 135-170.

GIRARD (C. M.), GIRARD (M. C.) - 1975 - *Application de la Télédétection à l'étude de la biosphère.*
Paris, *Masson*, 186 p., 2 pl. coul.

GIRARD (M.), TAMAIN (G.) - 1965 - Les loess des "Hautes Bruyères", Villejuif (Seine).
Bull. Soc. Préhist. Fr., t. 61, pp 261-270.

GIRESSE (P.) - 1969 - Les couches dunkerquiennes de l'estuaire de la Sienne.
Paris, *VIII è Cong. INQUA, Livret Guide Excursion A. 10*, pp 47-49.

GIRESSE (P.), DANGEARD (L.), HOMMERIL (P.) - 1967 - Sur la présence de dépôts marins d'âge dunkerquien le long des côtes normandes et sur quelques autres dépôts flandriens.
C. R. Acad. Sc. Paris, t. 265, pp 1887-1890.

GODWIN (A.) - 1940 - Pollen analysis and forest history of England and Wales.
New Phytologist, t. 39, pp 370-440.

GODWIN (H.) - 1945 - Coastal peat beds of the North Sea Region as indices of land and sea level changes.
New Phytologist, t. 44, pp 29-69.

GODWIN (H.) - 1956 - *The history of the British Flora - A factual basis for phytogeography.*
Cambridge, *Univ. Press*, VIII - 384 p., dépl.

GOETZ (A. F. H.), ABRAMS (M. J.), SIEGAL (B. S.) - 1975 - A comparison of ERTS and Skylab multispectral data for reconnaissance geologic mapping.
Earth Obs. Survey, t. 56, p. 346.

GOGUEY (R.) - 1966-1967 - Recherches sur l'influence des dates et des conditions techniques des prises de vues dans la détection aérienne des indices d'origine archéologique.
Actes 2 è Symp. Int. Photo Interprétation, Arch. Int. Photogrammétrie, t. 16 ; Groupe II, pp 3-12.

•GOMEZ (J.) - 1979 - Les âges métalliques en Charente.
Bull. Ass. Géog. fr., n° 459, pp 112-113.

GORDON (F.), PRICE (R. D.) - 1979 - La Télédétection : une vision nouvelle de la terre.
La Recherche, t. 10, n° 96, pp 40-49.

GOUGENHEIM (A.) - 1956 - Sur la fréquence des coefficients de marée.
Bull. Astronom., t. 20, pp 157-181.

•GOULEAU (D.) - 1975 - *Les premiers stades de la sédimentation sur les vasières littorales atlantiques, rôle de l'émersion.*
Thèse Sciences Nantes, 2 vol, 241 p. + 123 p., figures.

GOULETQUER (P. L.) - 1970 - *Les Briquetages armoricains, technologie proto-historique du sel en Armorique.*
Thèse Etat, Rennes, 189 p.

GRIMES (B. H.), HUBBARD (J. C.E.) - 1971 - A comparison of film type and the importance of season for interpretation of coastal marshland vegetation.
Photog. Record, t. 7, pp 213-222.

GRIMS (R. E.), JOHNS (W. D.) - 1954 - Clay numeral investigation of sediments in the Northern Gulf of Mexico.
Clays and clay minerals, n° 327, pp 81-103.

GUILCHER (A.) - 1948 - *Le relief de la Bretagne méridionale de la baie de Douarnenez à la Vilaine.*
La Roche sur Yon, *Potier imp.*, 684 p.

GUILCHER (A.) - 1950 - L'Île de Beniguet (Finistère), exemple d'accumulation en queue de comète.
Bull. Inf. Com. Océanog. Etude Côtes, t. 3, pp 243-250.

GUILCHER (A.) - 1953 - Chronique océanographique.
Norois, 1 er n° de chaque année.

GUILCHER (A.) - 1954 - *Morphologie littorale et sous-marine.*
Paris, *P.U.F.*, Orbis, 216 p.

GUILCHER (A.) - 1959 - La Région côtière du bas Dahomey occidental. Etude de géographie physique et humaine appliquées.
Bull. I.F.A.N., t. 21, série B, n° 3-4, pp 358-424.

GUILCHER (A.) - 1965 - *Précis d'hydrologie marine et continentale.*
Paris, *Masson*, 389 p.

GUILCHER (A.) - 1969 - Pleistocene and Holocene sea-level changes.
Earth Science Review, Amsterdam, t. 5, pp 69-97.

GUILCHER (A.) - 1970 - Quaternary events on the continental shelves of the world.
*ICSU/SCOR Work. Party*31 Symposium Cambridge. *Inst. of Geol. Sciences Report*, n° 70/13; pp 31-46.

GUILCHER (A.) - 1973 - Un couple de flèches littorales actuelles dans la rivière de Daoulas (rade de Brest)
Penn ar bed, n° 73, pp 126-129.

GUILCHER (A.) - 1974 a - Compte rendu de J.-P. PINOT, 1974, le Précontinent breton ...
Norois, t. 21, pp 627-630.

GUILCHER (A.) - 1974 b - Studies in coastal geomorphology. Contribution to coastal engineering.
Copenhagen, *Proc. 14 th Coast. Eng. Conf.*, 19 p.

GUILCHER (A.) - 1976 a - Double and multiple barrier reefs in the world.
in Melanges Galon, Stud. Soc. Sc. Torunensis, Torun, t. 6, sect C, n° 4-6, pp 85-99.

GUILCHER (A.) - 1976 b - L'âge des plages anciennes de bas niveau dans le Nord-Ouest de l'Europe dans son intérêt morphologique.
Scritti. Géog. in onore Riccardo Riccardi, pp 283-295.

GUILCHER (A.) - 1976 c - Chronique océanographique. Sur l'histoire de la Mer à Littorines (domaine baltique).
Norois, t. 23, pp 126-127.

GUILCHER (A.) - 1978 - Crêtes et flèches littorales en série de type landais et de type azovien.
Bordeaux, *Etudes Géog. offertes à L. PAPY*, pp 361-365.

GUILCHER (A.) éd. 1978 - Actes du colloque de Saint-Valery sur Somme sur les niveaux marins quaternaires.
Bull. Ass. Fr. Et. Quaternaire, t. 14, n° 53, pp 58-115.

GUILCHER (A.), BERTHOIS (G.) - 1957 - Cinq années d'observations sédimentologiques dans quatre estuaires témoins de l'Ouest de la Bretagne.
Rev. Géom. dyn., t. 8, n° 5-6, pp 67-86.

GUILCHER (A.), VALLANTIN (P.), ANGRAND (J.-P.), GALLOY (P.) - 1957 - Les Cordons littoraux de la rade de Brest.
Bull. Inf. C.O.E.C., t. 9, pp 21-54.

GUILCHER (A.), MEDEIROS (C. A.), ESTEVES DE MATOS (J.), TOMAS DE OLIVEIRA (J.) - 1974 - Les restingas (flèches littorales) d'Angola, spécialement celles du Sud et du Centre.
Finisterra, t. 9, pp 171-211, 4 pl.

GUILCHER (A.), MOIGN (A.) - 1977 - Coastal conservation and coastal studies in France.
Geog. J., t. 143, III, pp 378-392.

GUILLAUME (P.) - 1972 - *La Population de Bordeaux au XIX è siècle.*
Paris, *A. Colin*, 308 p.

GUILLEMOT (J.), GUY (M.), LOBJOIS (M.) - 1973 - Un système cohérent d'alignements structuraux communs aux Alpes et aux Pyrénées, mis en évidence par le satellite ERTS-1.
C. R. Acad. Sc. Paris, t. 277, D, pp 481-484.

GUILLOT (B.) - 1972 - Les Terroirs orientés du Congo Brazzaville.
Cah. Et. Afr., t. 47, pp 442-457.

GUY (M.) - 1969 - La Détection à distance : progrès récents de la photogéologie.
Ann. Mines, 1969, n° 2, pp. 29-72.

GUY (M.) - 1973 - La complexité de la sédimentation holocène dans le delta du Rhône.
Photo Interprétation, t. 12, 73/1, pp 35-48.

GUY (M.) - 1974 - *Dynamic behaviour of coastal sedimentation in the Lions Gulf.*
(NASA CR 138870), *NASA ERTS-1 Type III Report*, E 74-10576, 53 p. pl.

HAYDEN (B.), DOLAN (R.) - 1975 - *Classification of the coastal environments of the world ; Final Report.*
Charlottesville, *Dept. Environm. Sc., Univ. Virginia*, IX + 163 p.

HALLEGOUET (B.), MOIGN (A.) - 1976 - Historique d'une évolution de littoral dunaire : la baie de Goulven (Finistère)
Penn ar bed, t. 10, pp 263-276.

HERAL (M.), GRUET (Y.), MAGGI (P.) - 1975 - Pêche et conchyliculture en presqu'île guérandaise.
Penn ar bed, t. 10, n° 81, pp 97-106.

HEUSELER (H.) - 1976 - *Die Erde aus dem All.*
Stuttgart, *Deutsche Verlags Anstalt GmbH, G. Westermann*, 160 p.

HEYVAERT (F.) - 1979 - Pollen spectra in salt marshes of Picardy.
Comm. Symp. Comm. Eurosib INQUA, Saint Valery, 2-7 Juillet 1979.

HIGOUNET (C.) - 1968 - L'Aquitaine historique.
Paris, *Encycl. Univ.*, t. 2, pp 184-187.

HILY (C.) - 1976 - *Ecologie benthique des pertuis charentais.*
Thèse Océanog. Univ. Bret. Occidentale, 236 p. pl.

HINSCHBERGER (F.) - 1970 - *L'Iroise et les abords d'Ouessant et de Sein. Etude de morphologie et de sédimentologie sous-marines.*
Pub. Fac. Lettres, Sc. Hum. Univ. Caen, 309 p.

HINSCHBERGER (F.), PAUVRET (R. B.) - 1968 - Les Fonds sous-marins de l'Iroise et de la baie de Douarnenez (Reconstitution d'un réseau hydrographique immergé).
Norois, t. 15, pp 213-225.

HIRSCH (F.) - 1966 - Application de la morphométrie à l'hydrologie.
Rev. Géom. Dyn., t. 15, pp 172-175.

HISSINK (D. J.) - 1935 - De bodemkundige gesteldheid van de achtereenvolgens ingedijkte Dollardpolders, Versl. *Landbouwkund*, Onderzoek, 41 B, La Haye, pp 47-172.

HOLLANDER (R. d') - 1960 - Problèmes de photogéographie et de représentation cartographique du littoral atlantique français.
Comm. XI è Cong. Int. Géographie, Paris, *IGN*, 15 p., 32 + 3 pl.

HOLTZ (R. K.), BAKER (V. R.), PENTEADO-ORELLANA (M. M.) - 1977 - Uso de imagens ASTP na analise hidrologica-morfodinamica de rios da bacia amazonica.
Not. Geomorfol, Campinas, t. 17, n° 34, pp 3-25.

•HORN (R.), MARTIN (G.), MURAOUR (P.) - 1969 - Etude préliminaire de la structure géologique du plateau continental au large de La Rochelle.
Montpellier, *Trav. Lab. Géophys. appl. Océanog.*, t. 2, 10 p.

HORTON (R. E.) - 1945 - Erosional development of streams and their drainage basins ; hydrophysical approach to quantitative morphology.
Geol. Soc. America Bull., t. 56, pp 275-370.

HOVIS (W. A.) - 1975 - Ocean color imagery. Coastal zone color scanner.
Houston, *E.R.T.S. Symp.*, pp 1989-2003.

HOWARD (A. D.) - 1967 - Drainage analysis in geologic interpretation : a summation.
Bull. Am. Assoc. Petrol Geol., Tulsa, t. 15, pp 2246-2259.

HUAULT (M.-F.) - 1977 - L'Estuaire de la Seine et la vallée de la Lézarde durant les 8000 dernières années : évolution de la végétation et variations du niveau marin d'après l'analyse pollinique.
Bull. Inf. Géol. Bass. Paris, t. 14, pp 35-42.

HUAULT (M. F.) - 1979 - Sédimentation pollinique récente dans l'estuaire de la Somme : son intérêt dans la reconstitution des paléoenvironnements.
VII è Réunion Ann. Sc. Terre, Lyon, 1 p.

•HUGO (V.) - 1843 - *En Voyage. Alpes et Pyrénées.*
Paris, *Oeuvres complètes, J. Rouff. et Cie*, fasc. 269, lettre XVI, l'Ile d'Oléron, pp 85-92.

HUGO (V.) - 1845 - *Le Rhin, lettres à un ami.*
Paris, *J. Renouard*, 4 t., 368 + 350 + 375 + 372 p.

HUNTER (G. T.), GLENN BIRD (S. J.) - 1970 - Critical terrain analysis.
Photog. Eng., t. 36, pp 939-952.

HURAULT (J.) - 1948 - *Manuel de Photogrammétrie.*
Paris, Inst. Géog. Nat., Publ. Tech., 405 p.

•HURIEZ (M.) - 1957 - Analyses chimiques, problèmes posés par le sodium et le chlore.
La Culture fourragère, Dir. Serv. Agric. Charente Maritime, pp 44-45.

INMAN (D. L.), EWIN (G. C.), CORLISS (J. B.) - 1966 - Coastal sand dunes of Guerrero Negro Baja California (Mexico).
Geol. Soc. America Bull., t. 77, pp 787-802.

JAKOBSEN (B.) - 1964 - En geografisk analyse af Vadelanskabets formudvikling med saerlig hensyntagen : Juvre dybs tidevandsområde.
Fol. Geog. Danica, Kobenhavn, t. 1, n° 1, 176 p., 4 cartes h.t. et *Med. Skalling Laboratoriet*, t. 21, 176 p.

JAMAGNE (M.) - 1967 - Bases et techniques d'une cartographie des sols.
Ann. Agro., t. 18, 142 p.

JAMBU (P.), NIJS (R.) - 1966 - Contribution à l'étude des sols de la partie orientale du Marais Poitevin (Marais mouillé).
Norois, t. 13, pp 565-593.

JELGERSMA (S.), DE JONG (J. D.), ZAGWIJN (W. H.), VAN REGTEREN ALTENA (J. F.) - 1970 - The coastal dunes of the western Netherlands ; geology, vegetational history and archeology.
Med. Rijk. Geolog. Dienst, N.S., n° 21, pp 93-167, 4 cartes.

JOLY (F.) - 1976 - *La cartographie.*
Paris, *P.U.F.*, Magellan n° 34, 276 p., 4 pl. h.t.

JOLY (F.) - 1978 - La Géographie n'est-elle qu'une science humaine ?
Hérodote, t. 3, n° 12, pp 129-159.

JONG (J. D. de) - 1971 - The scenery of the Netherlands against the back-ground of Holocene geology : a review of the recent literature.
Rev. Géog. phys. Géol. dyn., (2), t. 13, pp 143-162.

JOST (H.), HERZ (R.) - 1975 - Use of Skylab imagery for quaternary geology of SE Brazil coastal areas.
Int. Symp. Quaternay. Abstr., Imprensa Univ. Fed. Parana, pp 60-61

JOURNAUX (A.) - 1975 - *Légende pour une carte de l'environnement et de sa dynamique.*
Caen, *Publ. Fac. Lettres*, 22 p.

JUIGNET (P.), LOUAIL (J.), NEUMANN (H.), POURMOTAMED (F.) - 1974 - Pénétration des foraminifères mésogéens dans le Sud-Ouest du Bassin de Paris au Cénomanien.
C. R. Acad. Sc. Paris, t. 280, D, pp 379-382.

JUSSERAND (C.) - 1971 - Contribution à l'analyse de la pluviométrie sur le bassin du Cher.
Rev. Géog. phys. Géol. dyn., (2), t. 13, pp 505-514.

KAMINSKI (H.) - 1971 - Oceanography from satellite aerial photographs (SLB).
Proc. 21 st Int. Astronaut. Congr., North Holland, pp 830-849.

KAYE (C. A.) - 1959 - Shorelines features and Quaternary shoreline changes in Puerto Rico.
U.S. Geol. Survey, Prof. Paper 317 B, pp 49-140.

KEENE (D. F.), PEARCY (W. G.) - 197 - High altitude photographs of the Oregon coast.
Photogramm. Eng., t. 39, pp 163-176.

KELLER (M.) - 1975 - Aerial photography in the NOS coastal mapping division.
Photog. Eng. Rem. Sens., t. 41, pp 1005-1011.

KEMPF (C.) - 1977 - *Fondements d'une cartographie faunistique.*
Strasbourg, *Thèse 3 è cycle Géog. Univ. Louis Pasteur*, 126 p.

KESTNER (F. J. T.) - 1975 - The loose boundary regime of the Wash.
Geog. J., London, t. 141, pp 388-414, 4 pl.

•KIEKEN (M.) - 1973 - Evolution de l'Aquitaine au cours du Tertiaire.
Bull. Soc. Géol. Fr., (7), t. 15, pp 40-50.

KING (C. A. M.) - 1959 - *Beaches and coasts.*
London, *Ed. Arnold*, 2 è éd., 1972, 570 p.

KINGO JAKOBSEN (N.) - 1964 - Traek af Tondermarskens naturgeografi med saerligt henblik pa Morphogenesen.
Fol. Geog. Danica, Kobenhagen, t. 7, n° 1, 351 p. + 28 cartes et *Med. Skalling Lab.*, t. 19.

KLEIN (C.) - 1959 - Surfaces de regradation et surfaces d'aggradation.
Ann. Geog., t. 68, pp 292-317.

KLEIN (C.) - 1969 - Le Style armoricain : l'"armoricanotype".
C. R. Acad. Sc. Paris, t. 268, D, pp 255-258.

KLEIN (C.) - 1975 - *Massif armoricain et Bassin parisien. Contribution à l'étude géologique et géomorphologique d'un massif ancien et de ses enveloppes sédimentaires*
Thèse Etat Lettres, Brest, Ophrys éd., 3 vol., 882 p. + pl.

KLEMAS (V.), BARTLETT (D.), ROGERS (R.) - 1973 - Coastal zone classification from satellite imagery.
Photog. Eng., t. 41, pp 499-513.

KLEMAS (V.), BARTLETT (D.), ROGERS (R.), REED (L.) - 1974 - Inventories of Delaware's coastal vegetation and land-use utilizing digital processing of ERTS-1 imagery.
Proc. 9 th Int. Symp. on Rem. Sens. Env., Ann Arbor, pp 1399-1410.

KLEMAS (V.), BARTLETT (D.), PHILPOT (W.), ROGERS (R.), REED (L.) - 1974 - Coastal and estuarine studies with ERTS-1 and Skylab.
Rem. Sens. of Environment, t. 3, pp 153-170.

•KLINGEBIEL (A.) - 1967 - *Etude sédimentologique du Paléogène nord-aquitain.* Interprétation lithostratigraphique et paléogéographique.
Thèse Sc. Bordeaux ; Bull. Inst. Géol. Bassin Aquitaine, n° 2.

•KLINGEBIEL (A.), DE RESSEGUIER (A.), TESSON (M.) - 1971 - Contribution à l'étude de la circulation des masses d'eaux dans le bassin de Marennes-Oléron.
C. R. Acad. Sc. Paris, t. 273, D, pp 1783-1786.

•KLINGEBIEL (A.), TESSON (M.) - 1974 - Etudes d'environnement dans les bases du littoral charentais.
Bordeaux, *II è Coll. Int. Exploit. Océans*, t. 2, n° 132, 8 p., 9 fig.

KOCH (M.), SCANVIC (J. Y.), WEECKSTEEN (G.) - 1974 - Contribution des images ERTS à la connaissance géologique sous différents types de climats (France, Togo, Dahomey, Madagascar).
Europ. Earth Res. Sat. Exp., Symp. Frascati, ESRO, pp 231-241.

•KOENIGUER (J.-C.) - 1977 - Les Arbres fossiles du Cénomanien inférieur.
L'Ile d'Aix, Suppl. Ann. Soc. Sc. Nat. Charente Maritime, pp 59-63.

KOFF (C. F.), POLYAKOV (A. S.), SERGEEV (E. M.) - 1973 - Changes in microtexture of marine clay sediments during their diagenesis.
Gothemburg, *Proc. Int. Symp. Soil Struct.*, pp 227-242.

KONOVALOVA (I. Z.) - 1972 - Essai d'étude de la turbulence horizontale dans la zone voisine du littoral d'après les photos aériennes des courants marins.
Okeanologija, t. 12, n° 3, pp 527-535.

KOWALISKI (P.) - 1972 a - *Théorie photographique appliquée.*
Paris, *Masson*, 421 p., 338 fig., 4 pl.

KOWALISKI (P.) - 1972 b - Photographie.
Enc. Univ., t. 12, pp 1017-1030.

KRATKY (V.) - 1974 - Cartographic accuracy of ERTS.
Photog. Eng., t. 40, pp 203-212.

KRIEBEL (K.-T.), SCHLUTER (W.), SIEVERS (J.) - 1975 - Zur Definition und Messung der spektralen Reflexion natürlicher Oberflächen.
Bildm. und Luft., t. 43, pp 42-50.

KROECK (D.) - 1976 - Everyone's space handbook
Arcata, *Pilot Rock Inc*, 175 p., 7 fig., 22 pl.

•KUHNHOLTZ-LORDAT (G.) - 1926 - Une succession sur les vases salées de l'embouchure de la Seudre (Charente Inférieure).
La Feuille des Naturalistes, t. 47, pp 145-150.

LABEYRIE (J.) - 1976 - La Datation par le Carbone 14.
La Recherche, t. 7, pp 1036-1045.

•LABORATOIRE CENTRAL D'HYDRAULIQUE DE FRANCE - 1967 - Etude des caractères physico-chimiques des remblais du Marais Perdu.
Rapport, *Dir. Dép. Equipement*, La Rochelle.

•LABORATOIRE CENTRAL D'HYDRAULIQUE DE FRANCE - 1972 - *Etude des phénomènes régissant le bassin ostréicole de Marennes-Oléron*
Campagne d'observation en nature 1971-1972. Rapport de Mission.
Dir. Dép. Equipement, Charente Maritime, 32 p. pl., annexes.

•LABORATOIRE CENTRAL DES PONTS ET CHAUSSEES - 1972 - *"FOND 72".*
Min. Eq. Log., *Dir. Routes Circ. Rout*, 11 fasc.

•LABORATOIRE CENTRAL DES PONTS ET CHAUSSEES - 1973 - *Remblais sur sols compressibles.*
Bull. Liaison Lab. Ponts et Chaussées, spécial T, 361 p.

LACOSTE (Y.) - 1977 - A quoi sert le paysage ? Qu'est ce qu'un beau paysage ?
Hérodote, t. 2, n° 7, pp 3-41.

LAFOND (L.-R.) - 1961 - Etudes minéralogiques des argiles actuelles du bassin de la Vilaine.
C. R. Acad. Sc. Paris, t. 252, pp 3614-3616

LAFOND (L.-R.) - 1967 - *Etudes littorales et estuariennes en zone intertropicale humide.*
Orsay, *Thèse Doct. Etat*, 3 vol. 836 p. + 220 p.

•LAFOND (L.-R.), VERGER (F.) - 1965 - Minéralogie des argiles du littoral et des rivières du Marais Poitevin.
C. R. Acad. Sc. Paris, t. 260, pp 4232-4235.

•LAFUSTE (J.) - 1957 - Le Récif corallien de la corne Nord de la Pointe du Ché (Séquanien inférieur).
Ann. Soc. Sc. Nat. Charente Maritime, t. 3, n° 9, pp 133-146.

•LAHONDERE (C.) - 1972 - La Végétation des vases salées sur le littoral du Centre Ouest, de la Pointe d'Arçay à la Gironde.
Bull. Soc. Bot. Centre Ouest, n.s., t. 3, 61 p.

LAIDET (L.) - 1973 - Les expériences de télédétection par ballons.
La Recherche Spatiale, t. 12, pp 19-22.

LALLEMAND (C.), PREVOT (E.) - 1927 - *Le nivellement général de la France de 1878 à 1926.* Exposé préliminaire ; procès verbaux ; documents administratifs ; compte rendus des travaux du service.
Paris, *Imp. Nat.*, 666 p., 19 + 26 pl.

LALLEMAND (C.), THOMAS (G.) - 1977 - Traitement numérique des images multispectrales.
Bull. Com. fr. Cartog., n° 2/1977, pp 177-188, 1 pl. coul.

LAMBERT (P.) - 1974 - La structure impactitique de Rochechouart (Limousin) et son contexte structural régional, par interprétation de "photo-satellite" : image ERTS.
Bull. B.R.G.M., (2), sect. 1; pp 177-188.

LAMBERT (R.) - 1958 - Recherches sur la structure hydrologique d'un bassin versant.
Ann. Géog., t. 77, pp 687-706.

LAMBERT (R.) - 1975 - *Recherches hydrologiques dans le Sud-Est du bassin garonnais.*
Thèse Etat Géog. Toulouse, Rectorat Toulouse Imp., 2 vol., 750 p.

•LANCELOT (A.J.) - 1946 - Essai floristique sur les marais salants des côtes françaises de l'Atlantique entre Loire et Gironde.
Bull. Lab. maritime, Dinard, fasc 27, pp 30-36.

•LAPIERRE (F.) - 1970 - Répartition des sédiments sur le plateau continental du Golfe de Gascogne. Intérêt des minéraux lourds.
Trav. Centre Rech. Etude Océanogr., n. s., t. 10, pp 1-114.

•LATOUCHE (C.) - 1973 - Les argiles du domaine superficiel aquitain et des fonds du Proche Atlantique.
9 è Cong. INQUA, *Le Quaternaire Géodynamique Stratigraphie et Environnement*,
Suppl. *Bull. Ass. Fr. Et. Quaternaire*, n° 36, pp 212-217.

•LATOUCHE (C.), PARRA (M.) - 1970 - Contribution à la connaissance des caractéristiques minéralogiques et géochimiques des vases récentes ou subactuelles du Golfe de Gascogne.
Bull. Inst. Géol. Bassin Aquitaine, n° 9, pp 167-185.

LAUFF (G.) - 1967 - *Estuaries.*
Am. Ass. Adv. Sc., publ n° 83, 757 p.

•LAURENT (C.) - 1863-1864 - (Présentation de)la coupe d'un sondage effectué à l'Hôpital Militaire de Rochefort.
Bull. Soc. Géol. Fr., (2), t. 21, pp 97-101.

•LAVERGNE (M.) - 1972 - L'ostréiculture dans la vallée de la Seudre.
Norois, t. 19, pp 313-334.

LAWRENCE (R. D.), HERZOG (J. H.) - 1975 - Geology and Forestry classification from ERTS-1 data.
Photog. Eng. Rem. Sens., t. 41, pp 1241-1251.

LECARPENTIER (C.) - 1975 - L'évapotranspiration potentielle:ses implications géographiques.
Ann. Géogr., t. 84, pp 257-274, 385-414.

LECLER (M.) - s. d. - Rapport... sur l'évolution des côtes de la Charente Maritime.
La Rochelle, *Ponts et Chaussées*, 88 p. + cartes.

LECOINTRE (C.), MARIE (P.), BOUGEARD (H.) - 1955 - Résultats stratigraphiques du nouveau forage thermal de Rochefort-sur-Mer (Charente Maritime).
Ann. Univ. Poitiers, Rev. Gén. Centre Ouest, (2), pp 307-310.

LECOINTRE (G.) - 1959 - *Projet de liaison de l'Ile d'Oléron au continent.*
La Rochelle, *Dir. Dép. Equipement*, 3 p., annexes.

LEFEVRE (P.), REGRAIN (R.) - 1978 - Relation entre le niveau marin, les dépôts sédimentaires et la construction des digues dans la Plaine Maritime Picarde.
Bull. Ass. Fr. Et. Quaternaire, t. 14, n° 53, pp 101-107.

LEGOUX (R.) - 1952 - Un type nouveau de côte alluviale basse, la côte à formations parallèles ou côte de type gabonais.
C. R. Acad. Sc. Paris, t. 234, pp 119-121.

LEMEE (G.) - 1948 - La méthode de l'analyse pollinique.
Ann. Biol., t. 24, fasc 2, pp 49-75.

LEMEE (G.) - 1955 - L'évolution de la forêt française au cours du Quaternaire, d'après les analyses polliniques.
Revue Forestière, n° 6, pp 442-460.

LEMONNIER (P.) - 1975 - *Production du sel et histoire économique : introduction à l'étude ethnologique d'un village du marais salant de Guérande.*
Paris, *Thèse 3 è cycle Univ. René Descartes*, 592 p.

LEMONNIER (P.) - 1977 - Le marais salant de Guérande : un écosystème transformé en moyen de production.
Et. rurales, n° 66, pp 7-22.

LEMONNIER (P.) - 1978 - Application de l'analyse factorielle des correspondances à l'étude morphologique de 105 salines : contribution à l'histoire du marais de Guérande.
Bull. Soc. Sc. Nat. Ouest France, t. 76, pp 93-104.

LENTACKER (F.) - 1972 - La sédimentation poldérienne dans la plaine maritime flamande en Belgique et aux Pays-Bas (Inventaire bibliographique et mise au point des interprétations nouvelles liées aux recherches récentes).
Cah. Géog. Phys., Lille, n° 1, pp 3-38.

LEOPOLD (L. B.), WOLMAN (M. G.), MILLER (J. P.) - 1964 - *Fluvial processes in Geomorphology.*
San Francisco, *Freeman*, 522 p.

LE RHUN (J.), VERGER (F.), SARRAT (D.) - 1978 - L'interprétation de photographie aérienne et de données Landsat pour la connaissance d'un milieu littoral : l'anse de l'Aiguillon (France).
Photo Interprétation, t. 17, 78.3 , pp 25-34.

LE RIBAULT (L.) - 1975 - *L'exoscopie, méthode et applications.*
Paris, *Notes et Mém. Comp. Fr. Pétroles*, n° 12, 231 p., pl.

LE RIBAULT (L.) - 1977 - *L'exoscopie des quartz.*
Paris, *Masson*, 160 p.

LE ROY LADURIE (E.) - 1959 - Histoire et climat.
Ann. Ec. Soc. Civ., t. 14, pp 3-34.

LE ROY LADURIE (E.) - 1966 - *Les paysans de Languedoc.*
Paris, *SEVPEN*, 1037 p. ; rééd. abrégée *Flammarion*, 1969, 383 p.

LE TERME - 1826 - *Réglement général et notice sur les marais de l'Arrondissement de Marennes.*
Rochefort, *Goulard*, 320 p.

LEVALLOIS (J. J.), MAILLARD (J.) - 1970 - Le nouveau réseau de Nivellement de 1 er ordre du territoire français. Conséquences pratiques et scientifiques.
Comm. *Ass. Int. Géodésie, IGN* Paris, 16 p., 3 pl.

LEVEQUE (P.C.), MAURIN (C.), SIMEON (C.), VIGUIER (C.) - 1971 - Etude des résurgences d'eau douce le long du littoral d'Aquitaine au moyen des rayonnements infrarouges (émission et réflectance).
Bordeaux, *Coll. Int. Exploit. Océans, CNEXO*, pp 1-8.

LEVEQUE (P. C.), GROS (J.-C.), MAURIN (C.), SEVERAC (J.), SIMEON (C.), VIGUIER (C.) - 1972 - Utilisation de la télédétection infrarouge et des mesures isotopiques - tritium et oxygène 18 - pour l'étude des résurgences d'eau douce le long du littoral aquitain.
C. R. Acad. Sc. Paris, (D), t. 274, pp 2841-2844, 4 pl. h. t.

LEVY (A.) - 1971 - Eaux saumâtres et milieux margino-littoraux.
Rev. Géog. Phys. Géol. Dyn., (2), t. 13, pp 269-278.

LINDER (M.), PERVINQUIERE (L.), BORDAGE (M.) - 1910 - Carte géologique de la France au 1/80000 - Feuille de Saintes.
Serv. Carte Géol. Fr., 1 è édit.

LONG (G.) - 1974 - *Diagnostic phyto-écologique et aménagement du territoire.*
Paris, *Masson,* t. 1, 252 p.

•LORIN (J.) - 1968 - Contribution à l'étude des transits sédimentaires dans la partie orientale du Pertuis Breton et de la baie de l'Aiguillon.
Bull. Inst. Géol. Bassin Aquitaine, n° 5, pp 111-139.

•LOTH (O.) - 1923 - A travers le Marais Poitevin.
Bull. Soc. Hist. Scient., Niort, Deux Sèvres, t. 3, pp 207-237.

LOUBERSAC (L.) - 1974 - Application des thermographies de moyenne altitude et des images de satellites ERTS-1,NOAA-2 et Skylab à la télédétection de l'hydrodynamique de surface dans le golfe du Lion.
Inst. Fr. Pétrole, n° 22598, 76 p., 50 pl.

LUTZE (G.) - 1968 - Jahresgang der Foraminiferen - Fauna in der Bottsand-Lagune (Westhche Ostsee).
Meyniana, t. 18, pp 13-30.

MAC EVEN (R. B.), KOSCO (W. J.), CARTER (V.) - 1976 - Coastal wetland mapping.
Photog. Eng. Rem. Sens., t. 42, pp 221-232.

•MACHENAUD (R.) - 1972 - Ardillières en Aunis, notes géographiques.
Roccafortis, (2), t. 3, pp 10-16.

MAC LUHAN (M.) - 1967 - *La Galaxie Gutenberg : face à l'ère électronique, les civilisations de l'âge oral à l'imprimerie.*
(Trad. de The Gutenberg Galaxy)
Tours, *Mame,* 347 p., 2 è édit.

MAC MASTER (R. L.) - 1967 - Compactness variability of estuarine sediments : an *in situ* study.
in G. LAUFF, *Estuaries,* pp 261-267.

MAINGUET (M.) - 1976 - Etude géodynamique de l'effet d'obstacle topographique dans le transport éolien. Résultats obtenus à l'aide des images aériennes et satellites au Sahara.
Soc. Fr. Photogram. Bull. n° 61, pp 31-38.

MAINGUET (M.), CANON (L.) - 1976 - Vents et paléovents du Sahara. Tentative d'approche paléoclimatique.
Rev. Géog. phys. Géol. dyn., (2), t. 18, pp 241-250.

•MAIRAND - 1858 - Mémoire sur les dépôts littoraux de Nantes à Bordeaux.
Bull. Soc. Linn. Bordeaux, t. 22, pp 81.

MAIRS (R. L.) - 1970 - Oceanographic interpretation of Apollo photographs.
Photog. Eng., t. 46, pp 1045-1058.

MAIRS (R. L.), CLARK (D. K.) - 1973 - Remote sensing of estuarine circulation dynamics.
Photog. Eng., t. 39, pp 927-938.

•MAITI (D.), THOMAS (Y. F.) - 1975 - Interactions des plantes et du vent dans les dunes littorales.
Dinard, *Mém. Lab. Géom. E.P.H.E.,* n° 28, 59 p.

MANDELBROT (B.) - 1977 - *Fractals : form, chance and dimension.*
London, *Freeman,*

MANDELBROT (B.) - 1978 - Les objets fractals.
La Recherche, t. 9, pp 5-13 (n° 85).

•MANEN (L.), LAROUSSE (E.), CASPARI (E.), HANUSSE (I.) - 1878 - Reconnaissance de l'embouchure de la Gironde en 1874.
Rech. Hydrog. Régime Côtes, Impr. Nat., 9 è cahier, 235 p. + 1 atlas : 42 pl., 18 tabl.

•MANES (W.) - 1853 - *Description physique, géologique et minéralurgique de la Charente Inférieure.*
Bordeaux, 270 p.

•MARCHEGAY (P.) - 1877 - *Documents inédits sur l'Aunis et la Saintonge. Délimitation des baronnies de Royan et d'Arvert.*
Les Roches Bartaut (Vendée).

•MARRE (J.) - 1939 - Notes géologiques sur la presqu'île d'Arvert et les environs de Royan.
Bordeaux, *P. V. Soc. Linn.,* t. 91, pp 72-95.

MARTIN (J.-M.) 1977. Le milieu estuarien
La Recherche t.8, n° 78, pp. 425-434

MARTONNE (E. de) - 1935 - Photogrammétrie et photographie aérienne.
Ann. Géog., t. 44, p. 69.

MARTONNE (E. de) - 1942 - *France physique in Géographie Universelle,* t. 6.1.
Paris, *A. Colin,* 463 p.

MARTONNE (E. de) - 1942 b - Nouvelle carte mondiale de l'indice d'aridité.
Ann. Géog., t. 51, pp 241-250.

MARTONNE (E. de) - 1958 - *Traité de Géographie physique.* (1 ère édit. 1924).
Paris, *A. Colin,* 3 vol., 1057 p.

•MAS (J.-P.), SIMONNEAU (P.) - 1973 - Les groupements végétaux et les culicidés sur le littoral charentais et vendéen.
Ann. Soc. Sc. Nat. Charente Maritime, t. 5, pp 351-378.

MASCHHAUPT (J.-G.) - 1950 - Het koolzure Kalkgehalte der Dollardgronden.
T.K.N.A.G., t. 67, fasc. 3, pp 374-381.

•MASSE (C.) - 1969 - "Remarques de M. MASSE, Ingénieur et Géographe sur la ville de Rochefort (texte de 1721)".
Bull. Soc. Géog. Rochefort, (2), 2, pp 169-173.

•MASSON (P.) - 1973 - *Contribution à l'étude sédimentologique des côtes charentaises* (Estuaire de la Gironde, presqu'île d'Arvert, île d'Oléron).
Orsay, *Thèse 3 è cycle Sédimentol.,* 121 p., 59 fig., 8 pl.

MATHERON (G.) - 1965 - *Les variables régionalisées et leur estimation. Une application de la théorie des fonctions aléatoires aux Sciences de la nature.*
Paris, *Masson,* 306 p.

•MATHIEU (G.) - 1954 - Le site géologique de l'ancienne cité de Chatelaillon (Castrum Allionis) et l'évolution de la côte d'Aunis.
Norois, t. 4, pp 335-363.

MAUGH (T. H.) - 1973 - ERTS (II) : a new way of viewing the Earth.
Science, t. 180, n° 4082, pp 171-173.

MAURIN (A. F.), RIGUIDEL (M. J.) - 1978 - *Eléments de morphologie généralisée.*
Paris, *Notes et Mém. Comp. Fr. Pétroles,* 136 p.

MAY (G. A.), PETERSEN (G. W.) - 1975 - Spectral signature selection for mapping unvegetated soils.
Rem. Sens. Environment, t. 4, pp 211-220.

MENEZ (S.) - 1977 - Les crêtes successives dunifiées de type darss de la côte sud-ouest de la Baie de Goulven (Finistère). *Norois,* t. 24, pp 593-599.

•METAIS (C.) - 1893 - Cartulaire saintongeais de la Trinité de Vendôme (pièces de 1040 à 1785, Arch. Dép. Loir et Cher)
Arch. Hist. Saintonge Aunis, t. 22.

MEYLAN (P.) et coll. - 1978 - Etude de l'humidité du sol et de sa variation par télédétection.
Toulouse, *Earth observation from space and management of planetary resources,* Mars 1978, pp 305-314.

MEYNIER (A.) - 1945 - La commune rurale française.
Ann. Geog., t. 53-54, pp 161-179.

MEYNIER (A.) - 1969 - *Histoire de la pensée géographique en France.*
Paris, *P.U.F.,* 224 p.

MEYNIER (A.), PERPILLOU (A.), JUILLARD (R.), ENJALBERT (H.), BARRERE (P.), DUBY (G.), PIATIER (A.) - 1958 - La carte, instrument de recherche : les communes de France.
Ann. Ec. Soc. Civ., t. 13, pp 447-487, 2 pl. h. t.

MICHEL (P.), DURAND (J. H.) - 1978 - La vallée alluviale du Sénégal (Afrique de l'Ouest). Relations géomorphologie-sols-aptitudes culturales et leur cartographie au 1/50000.
Catena, Braunschweig, t. 5, pp 213-225.

•MIGNIOT (C.) - 1971 - L'évolution de la Gironde au cours des temps.
Bull. Inst. Géol. Bassin Aquitaine, n° 11, pp 221-281.

MILLER (J. M.), BELON (A. E.), GEDNEY (L. D.), SHAPIRO (L. H.) - 1975 - A look at Alaskan resources with Landsat data.
Int. Symp. Remote Sensing Environ. 10. Proc., Ann Arbor Mich., (2), pp879-892.

MOIGN (A.), PASKOFF (R.) - 1977 - Erosion et protection des côtes : l'exemple du littoral caucasien de la Mer Noire.
Méditerranée, n° 3, pp 63-68.

MOLLAT DU JOURDAIN (M.) - 1968 - *Le Sel dans l'Histoire*
Paris, *Publ. de la Sorbonne.*

MOLYNEUX (C.) - 1965 - Multiband spectral system for reconnaissance.
Photog. Eng., t. 31, pp 131-143.

MONACO (A.) - 1971 - *Contribution à l'étude géologique et sédimentologique du plateau continental du Roussillon (Golfe du Lion).*
Thèse Sc., Montpellier, 295 p.

MONACO (A.) - 1973 - Les minéraux argileux dans le cycle sédimentaire. Applications à la bordure méditerranéenne.
9 è Cong. INQUA : *Le Quaternaire, Géodynamique, Stratigraphie, Environnement,* Suppl. *Bull. Ass. Fr. Et. Quaternaire,* n° 36, pp 217-223, 3 fig.

MONGET (J.-M.) - 1973 - Méthodes de regroupement automatique des spectres de réflectance appliquée au problème de la détection à distance des ressources terrestres.
Paris, *Ec. Nat. Sup. Mines, Lab. Res. Terr.* (contrat CNES 73/1136), 27 p.

MONGET (J.-M.) - 1974 a - *Les méthodes de segmentation en télédétection.*
Paris, *Ec. Nat. Sup. Mines, Lab. Ress. Terr.*, 74/012, 43 p.

MONGET (J.-M.) - 1974 b - Colour composites of ERTS multispectral imagery for applications in hydrology and oceanography.
Eur. Earth Res. Sat. Exp., Symp. Frascati, ESRO, pp 151-153.

MONGET (J.-M.) - 1975 - Classification automatique des données multispectrales utilisant l'analyse des correspondances - Le système CLAMS.
Soc. Fr. Photogrammétrie, Bull., n° 62, pp 15-24.

MONGET (J.-M.), SARRAT (D.), VERGER (F.), TRAIZET (M.) - 1978 - Cartographie régionale du Marais Poitevin par télédétection.
Journées de Télédétection du GDTA, 1977, Saint Mandé, 43 pl., pp 203-212, pl. 25 et 26.

MONGET (J.-M.), VERGER (F.) - 1978 - La Télédétection, outil de l'aménagement du territoire.
Aménagement du Territoire et Télédétection, Toulouse 1977, Paris, *CEGERNA*, pp 28-31, 1 pl. h. t.

•MONTAGNE (J.) - 1971 - L'Ile de Ré, étude de géomorphologie
Mém. Maîtrise Géog. Univ. Poitiers, 37 p., 39 pl., 1 carte h. t., inédit

•MONTFORT (J. L.) - 1966 - L'Ile d'Oléron, étude morphologique.
Dipl. Et. Sup. Univ. Poitiers, 267 p., inédit.

MOREIRA-LOPES (M. E.) - 1977 - O interesse dos documentos obtidos por teledeteççao no estudo do ambiante geografico natural. *Finisterra, Rev. Portuguesa Geografia*, t. 12, pp 143-145.

•MOREAU (J.) - 1970 - Contribution aux recherches écologiques sur les claires à huîtres du bassin de Marennes-Oléron.
Rev. Trav. Inst. Pêches Marit., t. 34, pp 380-462.

MOREAU (J.-P.) - 1958 - *La vie rurale dans le Sud-Est du Bassin Parisien entre les vallées de l'Armançon et de la Loire, étude de géographie humaine.*
Paris, *Les Belles Lettres*, 339 p., 30 pl. h. t.

•MOREAU (P.) - 1967 - Sur quelques fluctuations du régime sédimentaire du Cénomanien de la Charente.
C. R. Acad. Sc. Paris, t. 264, pp 2447-2450.

•MOREAU (P.) - 1968 - Sur l'origine des associations de minéraux lourds dans le Cénomanien de la Charente.
Bull. B.R.G.M., (2), sect. 1, n° 2, pp 73-78.

•MOREAU (P.) - 1976 - Cadre stratigraphique et rythmes sédimentaires dans le Cénomanien nord-aquitain (Région de Rochefort).
Bull. Soc. Géol. Fr., (3), t. 28, pp 747-755.

•MOREAU (P.) - 1977 - Les Environnements sédimentaires marins dans le Cénomanien du Nord du Bassin de l'Aquitaine.
Bull. Soc. Géol. Fr., (7), t. 19, pp 281-288.

MORNER (N. A.) - 1969 - The late Quaternary history of the Kattegat sea and the Swedish West coast.
Sveriges Geol. Unders., t. 63, 487 p.

MORZADEC-KERFOURN (M.-T.) - 1974 - Variations de la ligne de rivage armoricaine au Quaternaire.
Mém. Soc. Géol. Minér. Bretagne, t. 17, 208 p.

MORZADEC-KERFOURN (M.-T.) - 1978 - Indicateurs biologiques et écologiques du domaine littoral.
Paris, *Coll. Nivmer*, "Les Indicateurs de niveau marin", thème 2, 2 Déc. 1978, 6 p.

MOUNES (J.) - 1974 - *Le Marais Breton et ses marges. Etude de géomorphologie et sédimentologie.*
Thèse 3 è cycle, Nantes, U.E.R. Géog., Lab. Géol. Mar., 425 p.

MUNAUT (A. V.) - 1967 - *Recherches paléo-écologiques en basse et moyenne Belgique.*
Louvain, *Acta Geog. Lovaniensia*, t. 6, 191 p., 71 pl.

MORI (A.) - 1950 - Le saline della Sardagne.
Napoli, *Mém. Geogr. Econ.*, t. 3, 124 p., 8 pl.

MUELLER (W.) - 1977 - Die Marschenkartierung in Niedersachsen, ihre ziele und methoden.
Mitt. Dtsch. Bodenkdl. Gesellsch., pp 467-482.

MULDERS (M. A.) - 1977 - Application of teledetection in Pedology.
Rome, *Pédologie Télédétection, 1 è Coll.*, pp 311-339.

•MUSSET (G.) - 1882 - Vocabulaire géographique et topographique du département de la Charente Inférieure.
Ass. Fr. Avanc. Sc., C. R. 11 è session La Rochelle, pp 911-920.

MYERS (V. I.), USSERY (L. R.), RIPPERT (W. J.) - 1963 - Photogrammetry for detailed detection of drainage and salinity problems .
Transactions of the A.S.A.E., t. 6, n° 4, pp 332-334.

NAERT (B.) - 1977 - Quelques techniques photographiques qui permettent d'aborder la télédétection des sols.
Rome, *Pédologie Télédétection, 1 è Coll.*, pp 285-310.

N.A.S.A. - 1971 - *Erts data user's handbook.*
Greenbelt, Md, *Goddard Space Flight Center*, 185 p., mises à jour.

NAUDIN (J.-J.), PRUD'HOMME (R.) - 1971 - Méthodes d'analyses morphologiques et morphostructurales d'interprétation des topographies et des bathymétries dans les domaines continentaux et marins.
Bull. Inst. Géol. Bassin Aquitaine, n° 10, pp 111-144, 54 pl.

•NICHOLS (M.) - 1974 - Interprétation de turbidités localisées d'après photo-satellites.
Bull. Inst. Géol. Bassin Aquitaine, n° 7, Symp. Int. Bordeaux, Juillet 1973, introduction.

•NIJS (R.) - 1967 - Découverte d'une tourbe profonde dans l'argile à scrobiculaires du Marais Poitevin.
C. R. Acad. Sc. Paris, t. 265, pp 1441-1443.

•NIJS (R.) - 1968 - *Contribution à l'étude des sols du Marais Poitevin.*
Thèse 3 è cycle, Pédologie, Poitiers, 208 p.

•NIJS (R.) - 1974 - *Bijdrage tot de Kennis van de Kwartairgeologie en de Bodemgesteildheid van het Marais Poitevin (Frankrijk).* Doct. Th. Rijksuniversiteit, *Gent*, Fac. der. Wetenschappen, 253 p.

•NIJS (R.) - 1975 - Mineralogical composition and origin of marine clays in the Poitou coastal plain (France).
Pedologie, Gent, t. 25, pp 126-133.

•NIJS (R.) - 1978 - Les sols du Marais Poitevin.
Ann. Soc. Sc. Nat. Charente Maritime, t. 6, pp 399-424.

NILSSON (T.) - 1960 - Recherches pollenanalytiques dans la vallée de la Somme.
Pollen et Spores, t. 2, pp 235-262.

NINEY (A.) - 1977 - Mouvement relatif du littoral français et du niveau moyen de la Mer Méditerranée.
Paris, *Inst. Géog. Nat.*,

NONN (H.) - 1966 - *Les régions côtières de la Galice.*
Paris, *Les Belles Lettres*, 591 p.

•NORMAND (M.) - 1970 - Stratigraphie de la série Jurassique supérieur du littoral charentais au Nord de La Rochelle.
Ann. Soc. Sc. Nat. Charente Maritime, t. 5, pp 58-69.

•NORMAND (M.) - 1971 a - Tectonique de la série du Jurassique supérieur du littoral charentais au Nord de La Rochelle.
Ann. Soc. Sc. Nat. Charente Maritime, t. 5, pp 139-149.

•NORMAND (M.) - 1971 b - Observations géologiques sur les falaises du Vieux Chatelaillon - Les Boucholeurs.
Ann. Soc. Sc. Nat. Charente Maritime, t. 5, pp 150-156.

NONY (J.-P.), CAZABAT (C.) - 1971 - Les équidensités colorées. Application à la photo-interprétation.
Soc. Fr. Photogrammétrie, Bull. n° 43, pp 17-27.

OLDFIELD (F.) - 1964 - Late Quaternary vegetational history in South West France.
Pollen et Spores, t. 6, pp 157-168.

OLIVON (P.) - 1975 - *L'utilisation des données Landsat pour l'étude de la bathymétrie et des formes sous-marines dans les étangs méditerranéens.*
Montpellier, *Thèse 3 è cycle Univ. P. Valery*, 102 p., 50 fig.

ODUM (E. P.) - 1971 - *Fundamentals of Ecology.*
Philadelphia and London, *Saunders*, 574 p.

ODUM (E. P.) - 1976 - *Ecologie.*
Paris, *Doin*; Montréal, *HRW*, 254 p.

OPRESCU (N.) - 1975 - Use of Landsat data for natural resources investigation in the lower basin of Danube and Danube delta.
NASA, ERTS, Type I Report, (NASA CR 146631) E 76 10259, 13 p.

ORR (D. G.), QUICK (J. R.) - 1971 - Construction material in Delta areas.
Photog. Eng., t. 37, pp 337-351.

PACHECO (R.A.), HOWARD (J.A.) - 1977 - Application of satellite remote sensing to landscape and soils.
Rome, [illegible], 1 er Coll., pp 159-172.

PAIJMANS (K.) - 1970 - Land evaluation by air photo interpretation and field sampling in Australian New Guinea.
Photogrammetria, Amsterdam, t. 26, pp 77-100.

•PALISSY (B.) - 1580 - *Discours admirable sur la nature des eaux et fonteines, tant naturelles qu'artificielles, des métaux, des sels et salines, des pierres, des terres, du feu et des émaux.*
Paris, *Martin le Jeune*, 361 p., table.

•PAPY (L.) - 1931 - Les marais salants de l'Ouest, étude de géographie humaine.
Rev. Géog. Pyrénées Sud-Ouest, t. 2, pp 121-161.

•PAPY (L.) - 1935 - Brouage et ses marais.
Rev. Géog. Pyrénées Sud-Ouest, t. 6, pp 281-323.

•PAPY (L.) - 1936 - Méthodes de la conquête des marais entre Loire et Gironde.
Sciences, rev. Ass. Fr. Avanc. Sc., pp 125-137.

•PAPY (L.) - 1941 a - *Les aspects naturels de la côte atlantique de la Loire à la Gironde. Introduction à une étude de géographie humaine.*
Bordeaux, *Delmas*, 302 p.

•PAPY (L.) - 1941 b - *La côte atlantique de la Loire à la Gironde. L'homme et la mer, étude de géographie humaine.*
Bordeaux, *Delmas*, 530 p.

PAQUEREAU (M.-M.) - 1959 - Quaternaire et Pliocène du Gurp.
Bull. Soc. Géol. Fr., (7), t. 1, pp 79-83.

PAQUEREAU (M.-M.) - 1962 - Note préliminaire à l'étude palynologique des tourbières de Mouthiers-sur-Boëme (Charente).
C. R. Séances Soc. Géol. Fr., p. 265.

PAQUEREAU (M.-M.) - 1964 - *Flores et climats post-glaciaires en Gironde.*
Actes Soc. Linn. Bordeaux, t. 101, 156 p.

PAQUEREAU (M.-M.), TURON (J.-L.) - 1975 - Analyse palynologique de deux carottes prélevées sur le plateau continental du Golfe de Gascogne.
Bull. Inst. Géol. Bassin Aquitaine, n° 17, pp 69-80.

PARDE (M.) - 1954 - *Fleuves et rivières.*
Paris, *A. Colin*, 245 p. (1 è éd., 1933).

PARRA (M.) - 1978 - Apport des données minéralogiques et géochimiques à la connaissance de la sédimentation profonde du Golfe de Gascogne (Océan Atlantique nord oriental) au Quaternaire récent.
Bull. Inst. Géol. Bassin Aquitaine, n° 23, pp 3-37.

PARRY (J. T.), TURNER (H.) - 1971 - Infra-red photos for drainage analysis.
Photog. Eng., t. 37, pp 1031-1038.

•PASSERAT (C.) - 1910 -*Etude sur les cartes des côtes de Poitou et de Saintonge antérieures aux levés du XIX è siècle.*
Niort, *Clouzot*, 174 p.

•PASSERAT (C.) - 1910 - *Les Plaines du Poitou.*
Paris, *Delagrave*, 239 p; *Rev. Géog. annuelle*, t.3.

PAUL (S.) - 1973 - *Télédétection et stéréophotogrammétrie dans les Sciences de la Terre.*
Paris, *Doin*, 341 p., pl. h. t.

PAUL (S.) - 1976 - Communication cartographique et la carte géologique. Etude d'un cas.
Ann. Int. Cartog., t. 16, pp 124-133, 4 fig.

•PAUTREAU (J.-P.), FACON (R.), GABET (C.), HESSE (A.), ROBERT (P. Ph.) - 1974 - L'habitat Peu Richardien de la Sauzaie, commune de Soubise (Charente Maritime) ; fouille de sauvetage, premiers résultats.
Poitiers, *Circ. Ant. Préhist. Poitou Charentes*, 1974 (1975).

•PAWLOWSKI (A.) - 1903 - Les transformations du littoral français. Les villes disparues et la côte du Pays de Médoc d'après la géologie, la cartographie et l'histoire.
Bull. Géog. Hist. descript., n° 2, pp 323-369 ; observ. p. 157.

•PAWLOWSKI (A.) - 1904 - Les transformations du littoral français. Le Golfe de Brouage et le pays marennais à travers les âges, d'après la géologie, la cartographie et l'histoire.
Bull. Géog. Hist. descript., pp 123-124, 439-479.

•PAWLOWSKI (A.) - 1906 - Les transformations du littoral français. Le pays de Didonne, le Talmontais et le Mortagnais girondin d'après la géologie, la cartographie et l'histoire.
Bull. Géog. Hist. descript., pp 283-304.

•PAWLOWSKI (A.) - 1906 - Les transformations du littoral français. L'île de Ré à travers les âges d'après la géologie, la cartographie et l'histoire.
Bull. Géog. Hist. descript., pp 305-321.

•PAWLOWSKI (A.) - 1908 - Les transformations du littoral français. Le golfe d'Aunis (de La Rochelle à Fouras) à travers les âges, d'après la géologie, la cartographie et l'histoire.
Bull. Géog. Hist. descript., pp 105-106, 410-438.

•PAWLOWSKI (A.) - 1909 - Les transformations du littoral français. L'embouchure de la Charente et l'île d'Aix, d'après la géologie, la cartographie et l'histoire.
Bull. Géog. Hist. descript., pp 281-296 (observations pp 155-156).

PEIGNAUD (M.) - 1971 - *Consolidation d'un sol sous charge variable. Théorie. Vérification en laboratoire.*
Lab. Cent. Ponts et Chaussées, Rapp. Rech. n° 13, 48 p.

PELTRE (J.) - 1970 - Les faits d'orientation dans la structure agraire en Lorraine.
Univ. Liège, *L'habitat et les paysages ruraux d'Europe*, pp 333-340.

PELTRE (J.) - 1975 - *Recherches métrologiques sur les finages lorrains.*
Lille, *At. Repr. Thèses*, 2 vol., 590 p., cartes.

•PERRICHET-THOMAS (C.) - 1974 - Sites à sel en Aunis et Saintonge.
Forum, Rev. gr. Archéol. ant. Touring Cl. Fr., t. 4, pp 26-34.

•PERRICHET-THOMAS (C.), GABET (C.), FAVRE (M.) - 1975 - Le site à sel de Ludène, commune de Loiré-les-marais, Charente-Maritime.
Roccafortis, Bull. Soc. Géog. Rochefort, (2), t. 3, pp 226-242.

•PERRICHET-THOMAS (C.) - 1978 - Les sites à sel charentais.
Paris, *Coll. NIVMER, "Les Indicateurs de niveau marin"*, 2 déc. 1978, 1 p. (sous presse *in Oceanis*)

•PETTIT-MARTIN (M.) - 1900 - Marais du bassin de la Sèvre Niortaise : améliorations agricoles obtenues pendant le siècle dans la vallée de la Sèvre entre Niort et Marans.
Mem. Agric., Serv. Hydraul. agric., Exposition Universelle, classe 35 ; 32 p.

•PERVINQUIERE (L.) - 1906 - Feuille de Saintes.
Bull. Serv. Carte Géol. Fr., t. 17, n° 115, pp 42-46.

PESTRONG (R.) - 1965 - The development of drainage patterns on tidal marshes.
Stanford Univ. Publications, Geol. Serv., t. 10, 2, 87 p.

PIECH (K. R.), WALKER (J. E.) - 1971 - Aerial color analysis of water quality.
J. Surv. Map. Div., Proc. Ann. Soc. Civ. Eng., pp 185-197.

PIECH (K. R.), WALKER (J. E.) - 1974 - Interpretation of soils.
Photog. Eng., t. 40, pp 87-94.

PINCHEMEL (P.) - 1950 - L'Etude des réseaux hydrographiques.
Bull. Ass. Géog. Fr., n° 208-209, pp 72-80.

PINCHEMEL (P.) - 1957 - Densités de drainage et densités de vallées.
Tidj. Koning. Nederl. Aardr. Gen., t. 7a, pp 373-376.

PINCHEMEL (P.) - 1970 - art. Géographie - 3. L'histoire de la Géographie ; 4. Evolution chronologique ; 5. Les tendances de la pensée géographique.
Encycl. Univ., t. 7, pp 621-624.

PINCHEMEL (P.) - 1973 - Les Géographes. Note méthodologique pour la rédaction internationale des notices bio-bibliographiques.
Bull. Ass. Géog. Fr., n° 411-412, pp 687-692.

PINCHEMEL (P.) - 1978 - (Géo-humeur):Sur des images de la France.
L'Espace Géog., t. 7, p. 244

•PINEAU (H.) - 1970 - Les Photographies aériennes verticales panchromatiques et couleurs appliquées à l'étude des pertuis charentais.
Actes 93 è Cong. Nat. Soc. Savantes, Tours, 1968 ; *Bull. Com. Trav. Hist. Scient. Géog.*, pp 41-55.

PINOT (J.-P.) - 1963 - Quelques accumulations de galets sur la côte trégorroise.
Ann. Géog., t. 72, pp 13-31.

PINOT (J.-P.) - 1965 - Instructions pour les chercheurs du Laboratoire.
Cours Lab. Géog. phys. Inst. Géog. Paris, fasc. ronéotés.

PINOT (J.-P.) - 1968 - Accumulations marines.
Encycl. Univ., t. 1, pp 112-120.

PINOT (J.-P.) - 1969 - Cotes (Géomorphologie).
Encycl. Univ., t. 5, pp 22-30.

PINOT (J.-P.) - 1973 - *Morphologie littorale et sous-marine, sect. B : Géomorphologie des plateformes continentales.*
Nantes, *Cours multigr. IGARUN*, 80 p.

PINOT (J.-P.) - 1974 - *Le précontinent breton entre Permarc'h, Belle Ile et l'escarpement continental, étude géomorphologique.*
Lannion, *Impram impr.*, 256 p.

PINOT (J.-P.) - 1978 - Méthodes et techniques permettant de déterminer l'altitude relative des niveaux marins anciens en fonction de l'altitude absolue actuelle des divers indicateurs. Principaux aspects du thème, vus par...
Paris, *Coll. NIVMER, "Les indicateurs de niveaux marins"*, 2 déc. 1978, thème n° 5, 2 p.

PIRAZZOLI (P.) - 1976 - Les variations du niveau marin depuis 2000 ans.
Dinard, *Mém. Lab. Géomorphologie E.P.H.E.*, n° 30, 421 p.

PIRAZZOLI (P.) - 1978 - Archéologie et variations récentes du niveau de la mer.
Rev. Archéol., Bull. Soc. Fr. Archéol. Class., 1978/1, pp180-182.

PIRIE (D. M.), STELLER (D. D.) - 1977 - *California coastal processes study, Landsat 2.*
NASA ERTS Final Report, NASA-CR 153043, 77 10158, 175 p.

PLAISANCE (G.) CAILLEUX (A.) - 1958 - *Dictionnaire des sols.*
Paris, *La Maison rustique*, 604 p.

PLANCHAIS (N.) - 1961 - *Analyses polliniques et tentative d'étude de la chênaie d'une tourbière de l'Orléanais et d'un marais des Charentes.*
Paris, *D.E.S. Sc. Nat*, 46 p., 2 diag.

PLANCHAIS (N.) - 1967 - Analyse pollinique de la tourbière de Gizeux (Indre et Loire) et étude du Chêne vert à l'optimum climatique.
Pollen et Spores, t. 9, pp 505-520.

PLANCHAIS (N.) - 1969 - La végétation dans les plaines françaises pendant la Tardiglaciaire et le Post-Glaciaire.
Etudes françaises sur le Quaternaire, Suppl. Bull. Ass. Fr. Et. Quaternaire, pp 111-115.

PLANCHAIS (N.) - 1971 - *Histoire de la végétation post-wurmienne des plaines du Bassin de la Loire d'après l'analyse pollinique.*
Thèse Univ. Sc. Techn. Montpellier, (CNRS 10-4906), 115 p., 1 vol. fig.

PLANCHAIS (N.) - 1972-1973 - Apports de l'analyse pollinique à la connaissance de l'extension de la vigne au Quaternaire.
Naturalia monspeliensia, sér. Bot., fasc. 23-24, pp 211-223.

PLANET (W. G.) - 1970 - Some comments on reflectance measurements of wet soils.
Rem. Sens. of Env., t. 1, pp 127-129, 3 fig.

•PLATEL (J.-P.) - 1977 - Le Campanien stratotype dans le synclinal de Saintes (Charente) : lithostratigraphie, géomorphologie et biozonation.
Bull. B.R.G.M., (2), sect. 1, pp 261-275.

•PLATEL (J.-P.), GOURDON (N.) - 1977 - Présence de sables marins tertiaires sur la butte de Saint-Richer dans la région de Pons (Charente-Maritime).
Bull. B.R.G.M., (2), sect. 1, pp 45-50.

•PLATEL (J.-P.), MOREAU (P.) - 1977 - Carte géologique détaillée de la France au 1/50000 : Feuille de Saint-Aignant.
B.R.G.M., 1 pl. + notice.

POISBEAU-HEMERY (J.) - 1974 - Le sel et les marais salants de la presqu'île guérandaise.
Bull. Soc. Sc. Nat. Ouest France, t. 72, pp 28-37.

POLEY (J.-P.) - 1965 - Contrast enhancement in photogeology by selective filtering.
Photog. Eng., t. 31, pp 368-373.

•POLONY (M.) - 1882 - Objets trouvés dans les fouilles aux environs de Rochefort.
Ass. Fr. Avanc. Sc., C. R. 11 è session, La Rochelle, pp 648-652.

•POLONY (M.) - 1884 - Les changements du niveau du sol en Aunis et en Saintonge.
Bull. Soc. Géog. Rochefort, t. 6, pp 79-82.

•POLONY (M.) - 1885 - Notice sur le port de Rochefort.
Ports Marit. France, Paris, *Imp. nat.*, t. 6 (1) pp 83-130.

•POLONY (M.), SAIGNES (M.) - 1885 - Notice sur le port de la Pointe du Chapus.
Ports Marit. Fr., Paris, Imp. nat., t. 6 (1), pp 171-189.

POLUNIN (N.) - 1960 - *Introduction to plant geography and some related sciences.*
Londres, *Longman Green*, 640 p.

PONS (A.) - 1970 - *Le pollen.*
Paris, *P.U.F.*, 125 p. (2 è éd.).

PONS (A.) - 1972 - Palynologie.
Encycl. Univ., t. 12, pp 463-465.

•POSER (H.) - 1948 - Die Salzgartenlandschaften an der französischen Atlantikküste.
Petermans Geog. Mitteilungen, n° 3-4, pp 134-154.

POST (L. von) - 1946 - The prospect for pollen analysis in the study of Earth's climatic history.
New Phytologist, t. 45, pp 193-208.

POSTMA (H.) - 1961 - Transport and deposition of suspended matter in the Dutch Wadden Sea.
Neth. J. of Sea Research, t. 1, pp 148-190.

POSTMA (H.) - 1967 - Sediment transport and sedimentation in the estuarine environment.
Am. Ass. Adv. Sc., Pub. n° 83, pp 158-179.

POSTMA (H.) - 1957 - Size frequency distribution of sands in the Dutch Wadden Sea.
Arch. neerl. Zoologie, t. 12, pp 319-349.

•POUGET (C.) - 1880 - Etude sur le port de Rochefort et la Charente.
Bull. Soc. Géog. Rochefort, n° 4, pp 249-261.

•POULIQUEN (M.) - 1975 - *Etude minéralogique et géochimique des sédiments du littoral vendéo-charentais et de la vasière Ouest-Gironde (France). Application à la connaissance de l'origine et de la dynamique des vases de la baie de Marennes-Oléron.*
Thèse 3 è cycle Géol. Env. Bordeaux 1, n° 1239, 163, 16 tab., 55 fig.

POUQUET (J.) - 1971 - *Les sciences de la Terre à l'heure des satellites.*
Paris, *P.U.F.*, 259 p.

POUQUET (J.) - 1976 - Géographie et télédétection : techniques à la portée de tous.
Méditerranée, (2), t. 27, n° 4, pp 3-12.

PRIGENT (D.) - 1977 - *Contribution à l'étude de la transgression flandrienne en Basse Loire. Apport de l'archéologie.*
Thèse 3 è cycle Univ. Nantes, 177 p.

PRIGENT (D.) - 1978 - Les sites à augets de la côte sud-armoricaine.
Paris, *Coll. NIVMER, "Les indicateurs de niveaux marins"*, 2 déc. 1978, 2 p.

PRIGENT (D.), VISSET (L.) - 1977 - Etude géologique, archéologique et palynologique de deux menhirs situés dans les marais de Brière (Loire Atlantique).
Bull. Soc. Sc. Nat. Ouest France, t. 74, pp 144-161.

•PROVEUX (J.) - 1972 - Problèmes de propriété foncière en Charentes.
Norois, t. 19, pp 461-480.

PUJOL (C.), TURON (J.-L.) - 1974 - Paléoclimatologie et stratigraphie du Quaternaire terminal du Golfe de Gascogne déduites de l'analyse des Foraminifères planctoniques et des ensembles sporopolliniques des sédiments marins.
Boreas, Oslo, t. 3, pp 99-104.

PURNELL (M. F.) - 1977 - The uses of remote sensing for the different kinds of soil mapping in the world.
Rome, *Pédologie Télédétection, 1 er Coll.*, pp 269-281.

•PUYCOUYOUL (J.) - 1962 - Particularités du régime des marées entre la Loire et la Gironde.
Poitiers, *Actes 87 è Cong. Nat. Soc. Sav. ; Bull. Com. Trav. Hist. Scient., Géog.*, pp 161-176.

QUATREFAGES (A. de) - 1853 - Souvenirs d'un naturaliste. Les côtes de Saintonge - I. La Rochelle, pp. 209-235 ;
II. Chatelaillon, Esnandes et les Termites, pp 766-798.
Revue des Deux Mondes (2), t. 23, 2 è livraison.

RADO (B. Q.) - 1975 - An examination of the potential applications of automatic classification techniques to Georgia management problems.
Houston, *NASA Earth Res. Survey Symp.*, Juin 1975, pp 1525-1540.

•RALLET (L.) - 1958 - La flore méditerranéenne dans le Centre Ouest.
Féd. Fr. Soc. Sc. Nat. Bull. (2), n° 15, pp 97-119.

RANZ (E.), SCHNEIDER (S.) - 1971 - Possibilités offertes à la photo-interprétation par le film à équidensités Agfacontour.
Soc. Fr. Photogrammétrie, Bull., n° 44, pp 27-40.

RAYBAUT (P.) - s. d. - *Thèses et mémoires : Normes de présentation*
Nice, *IDERIC, Université de Nice, Centre du XX è siècle*, 25 p.

REEVES (R. G.), ANSON (A.), LANDEN (D.) - 1975 - *Manual of Remote Sensing*. t. 1 - Theory, instruments and techniques
t. 2 - Interpretation and applications
Falls Church, *Am. Soc. Photogram.*, 2 vol., XXVI + 2144 p., 2047 ill.

REGRAIN (R.) - 1970 a - Le littoral des Bas Champs au sud de la Somme.
Ann. Centre Reg. Doc. Pédagogique, Amiens, 27 p., planches.

•REGRAIN (R.) - 1970 b - Les marais littoraux français selon J. Verne.
Niort, *Rev. Bas Poitou*, n° 3, pp 217-226.

•REGRAIN (R.) - 1971 a - Les limites communales dans les marais littoraux français.
Acta Geographica, (2), n° 8, pp 239-256.

•REGRAIN (R.) - 1971 b - Application géomorphologique de la couverture photographique infra-rouge : étude de marais à l'estuaire de la Charente.
Soc. Fr. Photogrammétrie, Bull. n° 43, pp 29-34.

•REGRAIN (R.) - 1971 c - Les chenaux des marais de Saint-Nazaire sur Charente, vus à l'infrarouge.
Ann. Soc. Sc. Nat. Charente Maritime, t. 5, pp 124-133.

•REGRAIN (R.) - 1971 d - La photographie aérienne infrarouge et l'étude des marais littoraux charentais.
Norois, t. 18, pp 237-254.

•REGRAIN (R.) - 1971 e - L'altitude des marais maritimes, étude statistique. Le cas du marais de Brouage.
Rev. Géog. phys. Géol. dyn., (2), t. 13, pp 239-256.

REGRAIN (R.) - 1973 a - Milieu littoral et photographies aériennes ou spatiales.
Maroc médical, Casablanca, t. 53, pp 89-98.

•REGRAIN (R.) - 1973 b - Télédétection du littoral charentais par le satellite ERTS-1.
Ann. Soc. Sc. Nat. Charente Maritime, t. 5, pp 285-292.

REGRAIN (R.) - 1973 c - L'intérêt des images multispectrales : l'exemple du littoral de la Manche orientale.
Bull. Ass. Géog. Fr., n° 411-412, pp 703-707, 1 fig.

•REGRAIN (R.) - 1976 a - Télédétection et taxonomie géographique : la région de Marennes.
Soc. Fr. Photogrammétrie, Bull. n° 62, pp 37-42, 1 pl. h. t.

•REGRAIN (R.) - 1976 b - Télédétection et cartographie automatique des marais d'Yves (Charente Maritime, France).
Photo Interprétation, t. 15, 76/5, pp 18-24.

•REGRAIN (R.) - 1976 c - Le sel et l'aménagement de l'espace.
C.R. 99 è Cong. nat. Soc. sav., Besançon, 1974, *sect. Sciences*, fasc 5, pp 91-100.

•REGRAIN (R.) - 1977 a - L'aménagement des marais charentais pendant le dernier millénaire.
Cahiers Nantais, Nantes, n° 13, pp 27-41.

•REGRAIN (R.) - 1977 b - Télédétection et écologie historique des Marais Charentais.
Soc. Fr. Photogrammétrie, Bull. n° 68, pp 15-22.

•REGRAIN (R.) - 1978 a - Un nouveau regard sur la Terre : la Télédétection.
Historiens et Géographes, n° 269, pp 675-706.

•REGRAIN (R.) - 1978 b - Quarante ans de géographie physique des marais charentais.
Bordeaux, *Et. Géog. offertes à L. PAPY*, pp 353-360.

•REGRAIN (R.) - 1978 c - Télédétection du littoral charentais : carte lissée de la région de Marennes.
Ann. Soc. Sc. Nat. Charente Maritime, t. 6, pp 355-367.

•REGRAIN (R.) - 1979 - La Charente Maritime vue de satellite.
Avis Eco, La Rochelle, n° 30, pp 19-21, 1 pl. h.t.

•REGRAIN (R.), DELAMAIRE (S.), GOURET (M. T.) - 1973 - Bibliographie analytique des côtes de France, de la pointe du Payré (Vendée) à la pointe de la Négade (Gironde).
Mém. Lab. Géomorphologie, E.P.H.E., n° 24, Dinard, 181 p.

REGRAIN (R.), VERGER (F.) - 1976 - *Le programme Fralit de télédétection en Picardie (satellite ERTS-1 de la NASA).*
Amiens, *Centre Rég. Doc. Pédagog.*, 45 p., 11 pl. h. t.

REICHELT (R.) - 1977 - Sur les aménagements hydrauliques anciens et récents dans le Gourma, Sahel tropical, République du Mali.
Strasbourg, *Sc. Géol. Bull.*, t. 30, pp 19-31.

REIMOLD (R. J.), GALLAGHER (J. L.), THOMPSON (D. E.) - 1973 - Remote sensing of a tidal marsh.
Photog. Eng., t. 39, pp 477-488.

•RENARD (R.) - 1971 - L'ensemble urbain Rochefort-Tonnay Charente.
Norois, t. 18, pp 615-631.

REY (P.) - 1956 - Aires ombrothermiques et milieux naturels.
Bull. Serv. Carte Végétation, série A 1, pp 33-40.

REY (P.) - 1957 - L'interprétation des photographies aériennes.
Bull. Serv. Carte Phytogéog., série A, t. 2, n° 1, pp 5-44.

REY (P. A.) - 1974 - Expérience ARNICA ERTS-1. Résultats et perspectives.
Europ. Earth Res. Sat., Exp., Symp. Frascati, *ESRO*, pp 325-347.

REY (P.) - 1977 - L'imagerie aérienne et son exploitation en région de montagne.
Bull. Ecol., t. 8, pp 231-236.

REYNAUD (A.) - 1971 - *Epistémologie de la géomorphologie.*
Paris, *Masson*, 127 p.

REYNAUD (A.) - 1974 - *La géographie entre le mythe et la science.*
Trav. Inst. Géog. Reims, n° 18-19, 204 p.

RIBOT (J.-M.) - 1976 - Nimbus III et la Méditerranée.
Méditerranée, (2), t. 27, n° 4, pp 13-18.

RICHARDSON (A. J.), GERBERMANN (A. H.), GAUSMAN (H. W.), CUELLAR (J. A.) - 1976 - Detection of saline soils with Skylab multispectral scanner data.
Photog. Eng. Rem. Sens., t. 42, pp 679-684.

RICCO (G.), COURTOT (R.) - 1976 - Traitement électronique d'images et applications géographiques.
Méditerranée, (2), t. 27, n° 4, pp 75-80.

RIEDEL (C. E.) - 1959 - Les sols alluviaux maritimes. Mer du Nord, Manche, Océan Atlantique.
Ann. Agron., fasc. 5, pp 543-598.

RIEKE (H. H.), CHILINGARIAN (G. V.) - 1974 - cité *in* D. PRIGENT, 1977.

RIGOMIER (D.), DUPUIS (J.), JAMBU (P.) - 1971 - Les phénomènes de maturation du sol et leur incidence sur les modifications de l'activité biologique dans une séquence d'assèchement de vases marines (Prés salés et polders de l'Anse de l'Aiguillon).
Rev. Géog. phys. Géol. dyn., (2), t. 13, pp 101-128.

RIMBERT (S.) - 1968 - *Leçons de cartographie thématique.*
Paris, *S.E.D.E.S.*, 139 p.

RIVEREAU (J. C.), FONTANEL (A.) - 1976 - Remote sensing as an aid to petroleum and mining exploration.
Djakarta, *Cong. I.P.A. 5 th Annual Conv.* Juin 1976.

RIVIERE (A.) - 1952 - Sur la représentation graphique de la granulométrie des sédiments meubles. Interprétation des courbes et application.
Bull. Soc. Géol. Fr., (6), t. 2, pp 145-154.

•RIVIERE (A.) - 1968 - *Excursion sédimentologique sur la côte atlantique.*
Fac. Sc. Orsay, Lab. Sédimentologie, (Arch. orig. Centre Doc. CNRS n° 445, 25/01)

RIVIERE (A.) - 1977 - *Méthodes granulométriques. Techniques et interprétations.*
Paris, *Masson*, 184 p.

RIVIERE (A.), VERNHET (S.) - 1975 - Théorie générale de l'évolution granulométrique des sédiments détritiques transportés par un fluide. Une loi mathématique simple de haute représentativité. Quelques conséquences.
C. R. Acad. Sc. Paris, t. 281, D, pp 1813-1816.

•ROEHRICH (C.) - 1941 - Sur la constitution du "bri" charentais.
C. R. Acad. Sc. Paris, t. 213, pp 623-625.

ROLLET de L'ISLE (M.) - 1905 - *Observation, étude et prédiction des marées.*
Serv. Hydr. Marine, n° 13-155, 278 p., pl. (réimpr. 1945).

ROSNAY (J. de) - 1975 - *Le macroscope.*
Paris, *Seuil*, 295 p.

ROSSELLO (V. M.) - 1976 - Evolution récente de l'Albufera de Valencia et de ses environs.
Méditerranée, (2), t. 27, n° 4, pp 19-30.

ROSSET-MOULINIER (M.) - 1972 - *Etude des foraminifères des côtes Nord et Ouest de Bretagne.*
Trav. Lab. Géol. Ec. Norm. Sup., Paris, t. 6, 225 p., 30 pl.

ROUCH (J.) - 1933 - Notice météorologique sur les côtes de France et d'Afrique du Nord.
Serv. Hydrog. Marine, n° 12-175,

ROUCH (J.) - 1961 - *Les marées.*
Paris, *Payot*, 230 p.

•ROUCHE (M.) - 1977 - L'Aquitaine des Wisigoths aux Arabes (418-781)
Thèse Doctorat ès Lettres, Paris I. 1976. *Serv. Repr. Thèses Lettres, diff. Paris, Champion*, 2 vol., 489 p., 300 p. annexes hors pagination.

ROUGERIE (G.) - 1969 - *Géographie des paysages.*
Paris, *P.U.F.*, 126 p.

ROUSE (L. J.), COLEMAN (J. M.) - 1976 - Circulation observations in the Louisiana Bight using Landsat imagery.
Rem. Sens. Env., t. 5, pp 55-66.

•ROUVREAU (M.), GOMEZ (J.) - 1973 - Les occupations post-néolithiques de la station d'Ors (Ile d'Oléron, Charente Maritime).
Rec. Soc. Arch. Hist. Charente Maritime, Gr. Rech. Arch. Saintes, t. 25, pp 37-44, fig.

RUDELLE (J.), DEMARCQ (Y.) - 1978 - Techniques de pointe à l'Université de Picardie : A.R.I.S.T.I.D.E., nouveau-né dans l'équipement scientifique de la région.
Picardie Information, Amiens, n° 31, pp 27-29, 1 pl. coul.

RUELLAN (F.) - 1967 - *Photogrammétrie et interprétation des photographies stéréoscopiques terrestres et aériennes : t. 1 Initiation.*
Paris, *Masson*, 124 p., 3 + 8 pl.

RUSSELL (R.-J.)- 1967 - Aspects of coastal morphology.
Geog. Ann., t. 49 A, (2-4), pp 299-309.

•SAGOUIS (J.-G.), CASTAING (P.) - 1978 - Les processus sédimentaires dans l'anse du Verdon (Estuaire de la Gironde).
Bull. Inst. Géol. Bassin Aquitaine, n° 23, pp 147-164.

SALOMON (J.-C.) - 1976 - *Modèle Mathématique de la propagation de la marée en estuaire et des transports sableux associés. Application aux estuaires de la Loire et de la Seine.*
Thèse Doct. Sc. Phys., Univ. Bretagne Occidentale, 257 p.

SAUVAGE (J.) - 1968 - La Palynologie : historique, méthodes et applications.
Rev. Géog. phys. Géol. dyn., (2), t. 10, pp 197-203.

SAUVION (M.) - 1885 - (Notices sur les ports de) Saint Georges (et de) Meschers.
Ports Marit. Fr., Paris, Imp. nat., t. 6 (1), pp 375-391.

SCANVIC (J.) - 1978 - Contribution de l'analyse lineamentaire des données spatiales à la géologie appliquée.
Saint Mandé, *Jour. de Télédétection du GDTA*, 1977, pp 289-297.

SCARPACE (F. L.), KIEFER (R. W.), WYNN (S. L.), QUIRK (B. K.) - 1975 - Quantitative photo-interpretation for wetland mapping.
Washington, *41 st Annu. Meet. Am. Soc. Photogramm.*, pp 750-771.

SCHATTNER (I.) - 1962 - The Lower Jordan valley.
Publ. Hebrew Univ. Jerusalem, t. 11, 126 p.

SCHEIDEGGER (A. E.) - 1967 - A stochastic model for drainage pattern into intramontane trench.
Bull. Ass. Int. Hydrol. Scient., t. 12, pp 15-20.

•SCHOELLER (H.) - 1948 - Révision de la feuille de Lesparre au 1/80000. Les affleurements du Paléocène du bassin d'Aquitaine dans la région de Saint-Bonnet et de Saint-Thomas de Conac (Charente Maritime).
Bull. Serv. Carte Géol. Fr., t. 47, n° 225, pp 123-124.

SCHOU (A.) - 1969 - Basse Bretagnes kyster.
Geog. Tidjskrift, t. 67, pp 200-229.

SCHUMM (S. A.) - 1967 - Meander wavelength of alluvial rivers.
Science, t. 157, pp 1519-1550

SEHER (J. S.), TUELLER (P. T.) - 1973 - Color aerial photos for marshlands.
Photog. Eng., t. 39, pp 489-499.

SHAPLEY (D.) - 1975 - ERTS : American took pictures of Soviet Union - To be friendly.
Science, t. 189, pp 441-442.

SHREVE (R. L.) - 1967 - Infinite topologically random channel networks.
J. Geol., t. 75, pp 178-186.

SCHROEDER (W. W.) - 1977 - Sea-truth environmental characterization studies of Mobile Bay, Alabama, utilizing ERTS-1 Data collection platform.
Rem. Sens. Env., t. 6, pp 27-43.

SMITH (P. G.), PIECH (K. R.), WALKER (J. E.) - 1974 - Special color analysis techniques.
Photog. Eng., t. 40, pp 1315-1322.

•SORIN (J.-P.) - 1968 - Contribution à l'étude de l'anomalie climatique charentaise : l'Ile d'Aix.
D.E.S. Fac. Sc. Bordeaux, 87 p. ; *L'Ile d'Aix, Suppl. Ann. Soc. Sc. Nat. Charente Maritime*, 1977, 198 p., 25 pl.

SOUZA (N.G. de) - 1973 - Photo-interpretation and the taxonomic classification of landforms.
The Karnatak Univ. J., Sc., t. 18, pp 89-98.

•SOUZA (N. G. de) - 1974 - Interpretation of littoral geomorphic forms from aerial space images.
The Karnatak Univ. J., Sc., t. 19, pp 122-145.

SPOLJARIC (N.), JORDAN (R. R.), SHERIDAN (R. E.) - 1976 - Interference of tectonic evolution from Landsat 1 imagery.
Photog. Eng., t. 52, pp 1069-1082.

STRAHLER (A. N.) - 1952 - Dynamic basis of geomorphology.
Bull. Geol. Soc. Amer., t. 63, pp 823-938.

STRAHLER (A.-N.) - 1970 - *Introduction to Physical Geography*
New-York, London, Sydney, *John Wiley & Sons*. 457 p.

STRAHLER (A. N.) - 1964 - Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks.
in VEN TE CHOW, *Handbook of applied hydrogeology*, sect 4-11, pp 40-76.

STREIF (H.), ZIMMERMANN (B.) - 1973 - Das Küstenholozän von Rysum/Knock im Gebiet der Emsmündung (Nordsee).
Geol. Jahrbuch, A 9, pp 3-20.

STREIF (H.) - 1975 - Versuch einer Bilanzierung der Sedimentation im Küstenholozän Ostfrieslands.
Geol. Jb., A 28, pp 3-14.

SWIFT (D.-J. P.), DUANE (D. B.), PILKEY (D. H.) - 1972 - *Shelf sediment transport : processes and pattern.*
Sroudsburg, *Dowden, Hutchinson and Ross*, 656 p.

•TASSAUX (F.) - 1975 - Les côtes de la cité des Santons dans l'Antiquité. Essai de synthèse provisoire.
Rev. Saintonge Aunis, t. 1, pp 9-48.

•TAUZIN (P.) - 1974 - *Etude des relations entre les caractéristiques physico-chimiques et chimiques des milieux des dépôts et la distribution de quelques éléments métalliques dans les sédiments de divers environnements du Golfe de Gascogne.*
Thèse Doct. Spécial, Géol. Environnement, Bordeaux 1, n° 1131, 117 p., 57 tabl., 28 fig., 2 pl.

TAVERNIER (R.), MARECHAL (R.) - 1958 - Carte des associations de sols de la Belgique.
Pedologie, Gent, t. 8, pp 134-182.

TEAL (J. M.) - 1967 - Biological production and distribution of p CO_2 in Woods Hole waters.
in G. LAUFF, *Estuaries*, pp 336-340.

TERS (M.) - 1960 - *La Vendée littorale, étude de géomorphologie.*
Thèse Géog. Rennes, Paris, *Oberthur imp.*, 578 p.

•TERS (M.) - 1973 - Les Variations du niveau marin depuis 10000 ans le long du littoral atlantique français.
Le Quaternaire, géodynamique, stratigraphie, environnement, IX è Cong. INQUA, pp 114-135.

TERS (M.) - 1976 - Les lignes de rivage holocène le long de la côte atlantique française.
La Préhistoire française, Paris, t. 2, pp 27-30.

TERS (M. J.) - 1976 - The sea-level instability : a danger for man, all along the coastal plains of world.
Newsl. Stratigr., t. 5, pp 56-61.

TERS (M.), AZEMA (C.), BREBION (P.), CHURCHER (C. S.), DELIBRIAS (G.), DENEFLE (M.) GUYADER (J.), LAURIAT (A.), MATHIEU (R.), MICHEL (J. P.), OSBORNE (P. J.), ROUVILLOIS (A.), SHOTTON (F. W.) - 1971 - Sur le remblaiement holocène dans l'estuaire de la Seine, au Havre (Seine Maritime), France.
Quaternaria, t. 14, pp 151-174.

TERS (M.), PLANCHAIS (N.), AZEMA (C.) - 1968 - L'évolution de la basse vallée de la Loire, à l'aval de Nantes, à la fin du Wurm et pendant la trangression flandrienne.
Bull. Ass. Fr. Et. Quaternaire, t. 3, pp 217-246, pl.

TERZAGHI (K.), PECK (R.) - 1965 - *Mécanique des sols appliquée aux travaux publics et au bâtiment.* (Trad. J. BAUDRILLARD et C. MEUNIER).
Paris, *Dunod*, 565 p.

•TESSON (M.) - 1973 - *Aspects dynamiques de la sédimentation dans la baie de Marennes-Oléron.*
Bordeaux, *Thèse 3 è cycle Géol. Environnement*, n° 1101, 151 p.

THIBAULT (A.) - 1972 - L'analyse des espaces régionaux en France depuis le début du siècle.
Ann. Géogr., t. 81, pp 129-170.

•THOMAS (Y. - F.) - 1973 - Dynamique sédimentaire de la Pointe de la Coubre
Norois, t. 20, pp 547-550.

•THOMAS (Y. F.) - 1975 - Actions éoliennes en milieu littoral : la pointe de la Coubre.
Dinard, *Mém. Lab. Géormophologie E.P.H.E.*, n° 29, 146 + 56 p.

•THOMAS (Y. F.) - 1978 a - Utilisation des données Landsat pour la mise en évidence de la turbidité en zones littorales ; limites des méthodes.
Publ. Scient. Techn. C.N.E.X.O., Actes de Colloques n° 5-1978, CNES-CNEXO, pp 109-122.

•THOMAS (Y. F.) - 1978 b - *Rapport sur l'étude par télédétection de certaines zones côtières de la France.*
Contrat CNEXO n° 76/1580, 168 p. + atlas.

THOMPSON (D E) - 1972 - Airborne remote sensing of Georgia tidal marshes.
Ann. Soc. Photogramm., pp 126-140.

THOULET (J.) - 1910 - Sur la mesure de la couleur des vases anciennes et actuelles.
C. R. Acad. Sc. Paris, p. 1375.

•TORRES (O.) - 1973 - *Contribution à l'étude géologique et hydrogéologique de l'Aunis.*
Thèse 3 è cycle Univ. Bordeaux, 119 p., 29 fig.

TRAUTMANN (J.) - 1977 - Un exemple d'utilisation de l'émulsion infra-rouge couleur pour l'étude du milieu naturel.
Journées Téléd. G.D.T.A., Toulouse, pp 75-79.

TRICART (J.) - 1965 - *Principes et méthodes de la Géomorphologie.*
Paris, *Masson*, 496 p.

TRICART (J.) - 1972 - *La Terre, planète vivante.*
Paris, *P.U.F.*, 184 p.

TRICART (J.) - 1974 - Apports de ERTS-1 à notre connaissance écogénétique des Llanos de l'Orénoque (Colombie et Vénézuela).
Europ. Earth Res. Sat. Exp., Symp. Frascati, ESRO, pp 317-324.

TRICART (J.) - 1975 a - Les Vosges et la plaine d'Alsace vues du satellite ERTS-1.
Ann. Géog., t. 84, pp 129-173.

TRICART (J.) - 1975 b - Variations de l'environnement écologique.
Rev. Géog. Lyon, t. 50, pp 5-17.

TRICART (J.) - 1975 c - Influence des oscillations climatiques récentes sur le modelé en Amazonie Orientale (Région de Santarém) d'après les images radar latéral.
Z. Géomorph. N. F., t. 19, pp 140-163.

TRICART (J. L.-F.) - 1976 a - Evidence offered by Landsat-1 imagery of tectonic lineaments in the Vosges Mountains (Eastern France).
Roma, *XXIII è Rass. Int. Elett. Nucl. ed Aerospaz.*, 18-28 Mars 1976, pp 54-59.

TRICART (J.) - 1976 b - Quelques aspects de l'utilisation des images multispectrales du satellite Landsat-1 (ex ERTS) dans l'étude écologique des pays tropicaux (Mali, Colombie, Vénézuela).
Trav. et Doc. Géog. tropicale, CEGET, n° 25, pp 79-121.

TRICART (J.) - 1978 a - *Géomorphologie applicable.*
Paris, *Masson*, 208 p.

TRICART (J.) - 1978 b - Développement agricole et étude intégrée du milieu naturel.
Bordeaux, *Et. Géog. offertes à L. PAPY*, pp 209-218.

TRICART (J. L.-F.) - 1978c - Les enregistrements de télédétection, source d'information pour l'étude de l'environnement écologique. *Rev. Géom. Dyn.*, t. 27, pp 29-41 (publié Mars 1979)

TRICART (J.), HUSSON (R.) - 1972 - Quelques apports des enregistrements infrarouges à la connaissance du milieu physico-géographique.
Ann. Géog., t. 81, pp 385-420.

TRICART (J.), RIMBERT (S.), LUTZ (J.) - 1970 - *Introduction à l'utilisation des photographies aériennes en Géographie, Géologie, Ecologie, Aménagement du territoire. t. 1 Notions générales, données structurales, géomorphologie.*
Paris, *S.E.D.E.S.*, 248 p.

TRICART (J.), KILIAN (J.) - 1979 - *L'Eco-Géographie.*
Paris, *Maspero*, (Hérodote), 326 p.

TRUMBULL (J. V. A.) - 1975 - The utility of Skylab photo interpreted earth resources data in studies of marine geology and coastal processes in Puerto Rico and the Virgin Islands.
NASA ERTS Final Report, NASA-CR-147437, E76 10414, VIII + 103 p.

TURINETTI (J. D.), MINTZER (O. W.) - 1973 - Computer analysis of imagery - Combination of day and night thermal imagery can be useful in land use classification.
Photog. Eng., t. 39, pp 501-505.

TUYAHOV (A. J.), HOLZ (R. K.) - 1973 - Remote sensing of a barrier island.
Photog. Eng., t. 39, pp 177-188.

VACHER (A.) - 1909 - Rivières à méandres et terrains à méandres.
Ann. Géog., t. 18, pp 311-327.

VAILLIERES (A. M.) - s.l.n.d. - Le sel en Aunis, Saintonge et Poitou au Moyen âge.
Dipl. Et. Sup., (Paris, Professeur MOLLAT).

VALMONT-BOMARE (M.) - 1791 - *Dictionnaire raisonné universel d'Histoire naturelle.*
Lyon, *Bruyset imp.*, t. 8.

VAN CAMPO (M.) - 1962 - Remarques sur une analyse pollinique d'une tourbière charentaise (Tourbière de Chantemerle, analysée par N. Planchais).
Bull. Soc. Préhist. Fr., t. 58, pp 772-773, 1 diag.

VAN CAMPO (M.), ELHAI (H.) - 1956 - Etude comparative des pollens de quelques Chênes. Application à une tourbière normande.
Bull. Soc. Bot. Fr., t. 103, pp 254-260.

VAN CAMPO (M.), ELHAI (H.) - 1960 - Intérêt géographique des analyses polliniques.
Ann. Géog., t. 69, pp 337-354.

VANDEN BERGHEN (C.) - 1964 - *La végétation terrestre du littoral de l'Europe occidentale.*
Bruxelles, *Les Naturalistes Belges*, 115 p.

VANDEN BERGHEN (C.) - 1965 - Notes sur la végétation du sud-ouest de la France. III. - La végétation de quelques prés salés d'Oléron (Charente Maritime).
Bull. Jardin Bot. Etat, Bruxelles, t. 35, pp 363-369, 1 dépl.

•VANNEREAU (M. A.) - 1962 - Evolution des cartes du Poitou et de la Saintonge du XV è au XVII è siècle.
Poitiers, *Actes 87 è Cong. Nat. Soc. Sav., sect. Géog.*,

VANNEY (J. R.) - 1969 - Le précontinent du Golfe de Gascogne.
Dinard, *Mém. Lab. Géom. E.P.H.E.*, n° 16, 365 p.

VANNEY (J. R.) - 1973 - *La Géomorphologie sous-marine. (Structure et géomorphologie dynamiques des fonds marins).*
Paris, *Masson*, pp 1-77.

•VANNEY (J. R.) - 1977 a - *Géomorphologie de la marge continentale sud-armoricaine.*
Paris, *S.E.D.E.S.*, 473 p.

VANNEY (J. R.) - 1977 b - *Géomorphologie des plateformes continentales.*
Paris, *Doin*, 300 p.

VAN STRAATEN (L. M. J. U.) - 1961 - Sedimentation in tidal flat areas.
J. Alberta Soc. Petrol. Geol., t. 9, n° 7, pp 203-206.

VAN ZEIST (W.) - 1963 - Recherches palynologiques en Bretagne occidentale.
Norois, t. 10, pp 5-19.

•VASSEUR (G.) - 1884 - Sur le dépôt tertiaire de Saint-Palais, près Royan (Charente Inférieure). Notice stratigraphique.
Ann. Sc. Géol., t. 16, pp 1-12.

VAUTRAIN (J.) - 1975 - *Etude d'un remblai sur tourbe à Caen.*
Min. Equip., Lab. Ponts & Chaussées, Rapp. Rech. n° 41, 104 p.

•VEAU (M.) - 1885 - Notice sur le port de Royan.
Ports Marit. Fr., Paris, Imp. nat., t. 6 (1), pp 349-373.

•VEILLON (M.), VIGNEAUX (M.) - 1961 a - La limite de la trangression marine du Lutétien dans la zone Nord-Est du bassin nummulitique girondin.
C. R. som. Soc. Géol. Fr., pp 94-95.

•VEILLON (M.), VIGNEAUX (M.) - 1961 b - Les phases sédimentaires du Lutétien marin dans le Nord de l'Aquitaine occidentale.
C. R. som. Soc. Géol. Fr., pp 129-130.

VERGER (F.) - 1962 - Goulets et deltas de marée.
Com. Trav. Hist. Scient., Bull. Sect. Géog., t. 75, pp 133-150.

VERGER (F.) - 1963 - *Les techniques d'analyse granulométrique.*
Paris, *Mém. et Doc. Centre Doc. Cartog. Géog. CNRS*, t. 9, 64 p., 2 pl. h. t.

VERGER (F.) - 1964 - Mottureaux et gilgaï.
Ann. Géogr., t. 73, pp 413-430.

VERGER (F.) - 1965 - Polder ou prises ?
Rev. Bas Poitou et Provinces Ouest, t. 76, p 255.

VERGER (F.) - 1968 a - *Marais et wadden du littoral français.*
Bordeaux, *Biscaye fr. imp.*, 544 p., 2 pl. h. t.

VERGER (F.) - 1968 b - Statique, cinématique et dynamique en cartographie géomorphologique.
Bull. Ass. Géog. Fr., n° 362-363, pp 12-21.

VERGER (F.) - 1970 - art. Granulométrie.
Paris, *Encycl. Univ.*, t. 7, pp 949-952.

VERGER (F.) - 1971 - Présentation taxonomique des formes des marais maritimes tempérés.
Rev. Géog. phys. Géol. dyn., (2), t. 13, pp 163-172.

VERGER (F.) - 1972 - Le gisement coquillier de La Houle, près de Cancale, est d'âge historique.
C. R. Acad. Sc. Paris, t. 275, pp 649-650.

VERGER (F.) - 1973 a - La Cartographie dynamique en géomorphologie littorale.
Rev. Géomorphologie dyn., t. 22, pp 161-172.

VERGER (F.) - 1973 b - Statique et cinématique d'une flèche littorale.
Photo Interprétation, t. 10, 73/2, pp 12-29.

VERGER (F.) - 1976 - Cartographie de phénomènes littoraux à partir des données Landsat.
Toulouse, *CNES*, 18 p., pl.

VERGER (F.) - 1977 a - L'apport des satellites Landsat à la connaissance du littoral français.
Géomètre, Fév. 1977, pp 44-50, 2 pl.

VERGER (F.) - 1978 - L'inondation du marais de Monts en Vendée d'après les données Landsat 2 du 13 Décembre 1976.
Photo Interprétation, t. 17, 78/3/1, pp 1-5.

VERGER (F.), FLORSCHUTZ (F.) - 1960 - Sur l'existence à Fromentine (Vendée) d'une couche de tourbe du début de l'Atlantique.
C. R. Acad. Sc. Paris, t. 251, pp 891-893.

VERGER (F.), AUPHAN (E.), MONIOT (C.) - 1971 - La carte géomorphologique conçue comme un modèle dynamique.
Mém. et Doc. Serv. Doc. Cartog. Géog., C.N.R.S., t. 12, pp 223-263, 3 pl.

VERGER (F.) & coll. - 1973 - Les méthodes de la télédétection appliquée au littoral français.
Bull. Ass. Géog. Fr., n° 411-412, pp 695-729.

VERGER (F.), DEMATHIEU (P.) - 1973 - La télédétection du littoral ; programme Fralit ERTS-1.
Dinard, *Mém Lab. Géomorphologie E.P.H.E.*, n° 23, 22 p..

VERGER (F.), JOLY (G.) - 1976 a - Une cartographie automatique des données de Landsat 1
Photo Interprétation, t. 13, n° 74/6, pp 1-6.

VERGER (F.), JOLY (G.) - 1976 b - Cartographie diachronique à partir des données numériques de Landsat 1.
Photo Interprétation, t. 13, n° 74/6, pp 7-13.

VERGER (F.), MONGET (J.-M.), SCANVIC (J.-Y.) - 1976 - *The French atlantic littoral and the Massif Armoricain.*
NASA Type 1 Report, Janv. Mars 1976, Paris, *CNES*, 26 p.

VERGER (F.), BARUSSEAU (J.-P.), DUCLOUX (J.), GABILLY (J.) - 1978 - Carte géologique de la France à 1/50000 : Feuille n° 608, L'Aiguillon-sur-mer.
BRGM, 1 pl., 1 notice.

VERNE (J.) - 1868 - *Géographie illustrée de la France et de ses colonies.*
Paris, *Hetzel*, 16 + 768 p.

VERNETTE (G.), LESUEUR (P.), KLINGEBIEL (A.) - 1978 - Evolution morphologique et sédimentologique de la flèche littorale du Laguito (Baie de Cartagena - Colombia)
Bull. Inst. Geol. Bassin Aquitaine, n° 23, pp 127-145.

VERNHET (S.), RIVIERE (A.) - 1976 - Interprétations sédimentologiques des paramètres granulométriques X et N. Notions d'évolution granulométrique normale. Distributions granulométriques anormales. Indice de maturation.
C. R. Acad. Sc. Paris, t. 282, série B, pp 145-148.

VERSTAPPEN (H.) -1977- *Remote sensing in geomorphology* Elsevier, Amsterdam, Oxford, New-York, 214 p. 6 pl. phot.

VIDAL de LA BLACHE (P.) - 1903 - *Tableau de la Géographie de la France* (t. 1 de *Histoire de France*, par E. LAVISSE).
Paris, *A. Colin*, 395 p.

VIDAL de LA BLACHE (P.) - 1909 - Observation sur l'étude de M. A. PAWLOWSKI.
Bull. Géog. Hist. descript., 1909, p 156.

VIDAL DE LA BLACHE (P.) - 1913 - Des caractères distinctifs de la Géographie.
Ann. Géog., t. 22, pp 289-299.

•VIDALIE (J. F.) - 1977 - Relations entre les propriétés physicochimiques et les caractéristiques mécaniques des sols compressibles.
Paris, *Rapport Rech. L.P.C. n° 65*, 92 p.

•VIGNEAU (J. P.) - s.d. - La Basse Charente et les marais de Rochefort, étude de géographie physique.
D. E. S. Inst. Géog. Poitiers, 169 p., inédit.

•VIGNEAUX (M.), CARALP (M.), KLINGEBIEL (A.), LATOUCHE (C.), MOYES (J.) - 1972 - Sur l'origine des sédiments fins superficiels du plateau continental atlantique au large de la Gironde (France).
Tokyo, *The 2 nd Int. Ocean development Conf. and Exhibition, October 4-9.*

•VIGNEAUX (M.) et coll. - 1975 - *Guides géologiques régionaux : Aquitaine occidentale.*
Paris, *Masson*, 224 p.

VIGNON (F.) - 1973 - La productivité biologique des estuaires.
Picardie Information, Amiens, n° 11, pp 15-24.

VISSET (L.) - 1972 - La Butte aux Pierres (Grande Brière, L. A.). Etude pollinique.
Bull. Soc. Scient. Bretagne, t. 47, pp 219-223.

VISSET (L.) - 197 - Etude palynologique de la tourbe au contact du cairn néolithique de la "Butte des Roches" en Grande Brière (L. A.).
C. R. 97 è Cong. Soc. Sav., Nantes, sect. Sc.,

VISSET (L.) - 1977 - Analyses polliniques.
in D. PRIGENT, 1977, pp 112, 113, 146.

WARNING (.) - 1909 - *Oecology of plants.*
Oxford, *Clarendon Press*, 400 p.

•WATERLOT (G.) - 1935 - Sur la tectonique du bord nord-est du Marais Poitevin.
C. R. Acad. Sc. Paris, t. 201, pp 1495-1497.

•WATERLOT (M.) - 1936 - Plis et dislocations du Jurassique sur la bordure nord-est du Marais Poitevin.
Ann. Soc. Géol. Nord, t. 61, pp 2-27, pl.

•WATERLOT (G.) - 1938 a - Tectonique du marais poitevin.
Ann. Soc. Géol. Nord, t. 63, pp 16-38.

•WATERLOT (G.) - 1938 b - Les cordons littoraux du Marais Poitevin.
Ann. Soc. Géol.Nord, t. 63, pp 51-55.

•WATERLOT (G.) - 1941 - Sur les directions de plissement affectant la bordure septentrionale du bassin d'Aquitaine.
C. R. Acad. Sc. Paris, t. 212, pp 278-281.

•WATERLOT (G.), POLVECHE (J.) - 1952 - Observations sur les divisions du Jurassique, le Sidérolithique et la Presle Quaternaire du quart Nord-Est de la feuille de la Rochelle au 1/80000.
Bull. Serv. Carte Géol. Fr., t. 50, n° 237, pp 118-124.

•WATERLOT (G.), POLVECHE (J.) - 1953 a - Structure géologique de l'Aunis (feuille de La Rochelle au 1/80000).
Bull. Serv. Carte Géol. Fr., t. 51, pp 99-105.

•WATERLOT (G.), POLVECHE (J.) - 1953 b - Influence des plissements post-jurassiques en Aunis.
C. R. Acad. Sc. Paris, t. 236, pp 726-728.

•WATERLOT (G.), POLVECHE (J.) - 1958 - *Carte géologique détaillée de la France à 1/80000. Feuille de La Rochelle et Tour de Chassiron.*

WELCH (R.) - 1971 - Earth satellite camera systems : resolution estimates and mapping applications.
Photog. Record, t. 7, n° 38, pp 237-246.

•WELSCH (J.) - 1904-1905 - Feuille de La Rochelle au 1/320000.
Bull. Serv. Carte Géol. Fr., t. 16, n° 105, pp 30-37.

•WELSCH (J.) - 1905-1906 - Feuille de La Rochelle au 1/320000.
Bull. Serv. Carte Géol. Fr., t. 17, n° 115, pp 46-53.

•WELSCH (J.) - 1910 - Sur les dépôts de tourbe littorale de l'Ouest de la France.
C. R. Acad. Sc. Paris, t. 150, pp 1628-1631.

•WELSCH (J.) - 1911 - Sur un affleurement de l'Eocène inférieur au Nord de Blaye, dans le pays de Cosnac (Charente Inférieure)
C. R. Acad. Sc. Paris, t. 153, pp 368-370.

•WELSCH (J.) - 1913 - *Carte géologique de la France au 1/320000. Feuille de La Rochelle.*

•WELSCH (J.) - 1914 - Fixité de la côte atlantique du Centre-Ouest de la France.
Ann. Géog., t. 23, pp 193-208, 2 pl.

•WELSCH (J.) - 1917 - Les lignites du littoral et les forêts submergées de l'Ouest de la France.
L'Anthropologie, t. 28, pp 201-233.

•WELSCH (J.) - 1920 - Analogie du passage du Gois et du Chapus sur le littoral du Centre-Ouest de la France.
Ann. Géog., t. 29, pp 379-382.

WELSCH (J.) - 1926 - Modifications anciennes et actuelles des côtes du Centre-Ouest et du Sud-Ouest de la France. Erosion des falaises, marais maritimes, dunes de sable.
Com. Trav. Hist. Scient., Bull. Sect. Géog., 45 p.

WELSCH (J.) - 1927 - Les dépôts des marais maritimes du Centre Ouest de la France.
C. R. Cong. Soc. Sav., sect. Sciences, 9 p.

WIESNET (D. R.) - 1972 - Quasi operational current mapping by thermal IR in South Korean Coastal Region.
Washington, *Symp. Coastal Mapp., (Ann. Soc. Photogramm.*, pp 113-133).

WOBBER (F. J.) - 1972 - The use of orbital photography for earth resources satellite mission planning.
Photogrammetria, t. 28, pp 35-39.

WOBBER (F. J.), ANDERSON (R. E.) - 1972 - Coastal marine studies small scale photography.
Roma, *Atti. Spaz. Campo Ecol. Riscrse Terr., Atti XII Conv. Int. Spazio, Ass. Int. Elettron. Nucl. Aerosp.*, pp 191-207.

WONG (K. W.) - 1975 - Geometric cartographic accuracy of ERTS-1 imagery.
Photog. Eng., t. 51, pp 631-635.

WRIGHT (J. K.) - 1947 - Terrae Incognitae, the place of imagination in geography.
Ann. Ass. American Geog., t. 37, pp 1-15.

WULFF (R. T.) - 1973 - Application of aerial photo-interpretation computer storage and manipulation of data : Pembroke marshfield case study.
Cartography Austral, t. 8, pp 8-18.

YOST (E. F.) - 1970 - Remote sensing of coastal waters using multispectral photographic techniques.
S.E.R.G., Long Island Univ.,

YOST (E. F.) - 1975 - In situ spectroradiometric calibration of EREP imagery and estuarine and coastal oceanography of Block Island sound and adjacent New York waters.
NASA C.R. 147469, 76/10418 NASA ERTS Final Report, 321 p.

ZAJCEV (I. V.), MUKHINA (I. A.) - 1966 - Utilisation de la photographie aérienne spectrozonale et en couleurs appliquée à la géologie.
Traduction partielle : *Photo Interprétation*, t. 7, 67/6,

ZENKOVITCH (V. P.) - 1967 - *Processes of coastal development.*
Edimburg, *Oliver and Boyd, Steers J. A. éd.*, 16 + 738 p.

ZONNEVELD (J. I. S.) - 1960 - The use of aerial photographs for geographical purpose.
Tidj. Kon. Ned. Aardr Gen., pp 291-297.

LEXIQUE

Les termes techniques, concernant en particulier la télédétection et l'informatique font l'objet d'une définition, le plus souvent extraite de :

1. D.I.L. :	Dictionnaire de l'Informatique, éd. Larousse 1972.
2. C.E. :	Lexique annexé aux actes du Séminaire européen Aménagement du territoire et télédétection, Toulouse, juin 1977.
3. L.P.C.I.S. :	Lexique photo cinéma des images et des sons, fasc. 1, C.I.L.F. 1972.
4. V.S.T.S. :	Vocabulaire des Sciences et techniques spatiales, C.I.L.F., 1978.
5. S.C.O.M. :	Terminologie de l'Informatique de gestion. Min. Econ. Finances, Div. Budget, Serv. Cent. Org. Méthodes, 4e éd., 1973, 70 p. (Doc. fr.).
6. J.O. :	Journal Officiel de la République Française.
7. Gt. D.T.A.S.	Groupe de Travail «Dictionnaire de Télédétection Aérospatiale» (responsable S. PAUL).

Pour les termes charentais, le lexique de G. MUSSET (1882) a été mis à contribution. Un certain nombre d'autres définitions concernent des notions non encore incluses dans les lexiques : ces définitions (parfois internes à l'ouvrage) sont indiquées entre parenthèses et n'ont aucun caractère normatif.

ACUITÉ VISUELLE :

1. Aptitude à percevoir les détails; s'apprécie à la **mire de Foucault,** ensemble de bandes rectilignes parallèles alternativement sombres et claires.
2. Possibilité pour l'œil de discriminer deux détails voisins (par convention, l'acuité visuelle est égale à 10/10 lorsque des lettres majuscules de 7,3 mm de hauteur et 1,46 mm d'épaisseur sont vues à 5 mètres sous un angle de 1 minute d'arc).

ANALOGIQUE : s'oppose à numérique.

a) Qualifie une **donnée** représentée par une fonction ou une grandeur physique variant de façon continue.
b) Qualifie un calculateur dans lequel on utilise essentiellement des représentations **analogiques** des données (S.C.O.M.).

ANALYSE VISUELLE :

(Analyse d'une image brute, effectuée en utilisant l'œil et les «mémoires extérieures» de l'observateur).

BAIE FRISONNE :

Baie située en arrière d'îles, qui a ainsi deux ouvertures (F. VERGER, 1968, p. 29) ; dans ces baies les courants de flot ayant contourné les îles (cf Iles de la Frise) se rencontrent au niveau du Wantij.

BANDE SPECTRALE :

Étendue du spectre comprise dans un intervalle de longueurs d'onde données, et utilisé pour l'enregistrement des données de télédétection. Voir canal d'enregistrement.

BANQUE DE DONNÉES :

Ensemble de collections de données, c'est-à-dire de fichiers voisins ou apparentés (data bank) (J.O., 12 janvier 1974).

BESSE :

Lieu déprimé, en eau (?). Dans les textes médiévaux, semble désigner les bras de mer séparant les îles : la Besse du Pont Natalis (1171), Besse du Ponant (1367) correspondraient à l'estuaire séparant les îles d'Yves et de St-Laurent - Fouras.

BIT :

Inf. La plus petite unité d'information ; chiffre élémentaire de la numérotation binaire (D.I.L.).

BPI :

Bit Per Inch «-Nombre de bits inscrits sur un support de type bande magnétique par exemple, sur une longueur d'un inch, soit 2,54 cm» (D.I.L.).

BRAY :

1. «Un bombement allongé... profondément attaqué par l'érosion est une boutonnière, ... bray». (H. BAULIG, 1966, p. 141-142).
2. Dépression allongée ouverte dans les roches tendres du cœur d'un anticlinal arasé (Dictionnaire de la Géographie, 1970).

BRI :

1. «Nom, dans la Charente Inférieure, de l'argile employée à la construction des digues ; c'est une argile gris-bleuâtre, très compacte» (C.R. Acad. Sc., t. 73, p. 1224 ; 1872).
2. (Terre de). Terme usité dans le Centre-Ouest de la France pour désigner un sédiment de marais littoral de couleur bleutée, surtout sableux (grains moyens ou fins) avec un peu de poudres et de limons, de colloïdes et de calcaire (sic - Dictionnaire de la Géographie, 1970).
3. (Nom local de l'«argile des marais»). Sédiment très fin (argiles et limons), calcaire, contenant **Scrobicularia piperata.** (Argile à Scrobiculaires de J. WELSCH).

BRUIT :

Inf. Ensemble d'événements ou de phénomènes parasites, de même nature physique que le signal, qui doit être ignoré lors du traitement (S.C.O.M.).

CANAL D'ENREGISTREMENT : utiliser bande spectrale

Bande spectrale dans laquelle on mesure le niveau d'énergie reçue par un capteur.
Le système MSS des satellites Landsat utilise 4 bandes spectrales.

CAPTEUR :

1. Système d'enregistrement des radiations émises ou réfléchies par un objet.
   Ex. : film photographique, cellule photo-électrique, radiomètre, etc...
2. Complexe instrumental comprenant la cellule détectrice et diverses annexes telles qu'une enceinte refroidie (Azote liquide), un système de focalisation du rayonnement, etc... capable de fournir un signal qui sera enregistré (C.E.).
3. Chaîne de capteurs, traduction «sensu lato» de sensor system. (C.E.).

CAPTEUR A BALAYAGE MULTIBANDE (B.M.B.)

(multispectral scanner ou M.S.S.)

Capteur du rayonnement électromagnétique muni d'un système opto-mécanique de balayage : le capteur à balayage est dit «multibande» (spectrales) lorsque le rayonnement est capté au niveau de plusieurs fenêtres du spectre électromagnétique (C.E.).

CLAIRES :

Bassins pour l'élevage des huîtres («du latin **clarus**, qui évoque la lumière donc la limpidité de l'eau qui caractérise généralement une claire qui verdit intensément» ; J. MOREAU, 1970, p. 386).

CLASSIFICATION : (unsupervised classification)

Répartition a priori d'éléments d'image en un certain nombre de classes (C.E.).

CLASSEMENT : (supervised classification)

Répartition a postériori d'objets connus en un certain nombre de classes (C.E.).

CLICHÉ FAC SIMILE - employer image

- Cliché : terme à acceptions multiples... remplacer par phototype.. «image photographique visible et stable obtenue après exposition et traitement d'une couche sensible». (L.P.C.I.S.).

et **fac similé** : reproduction exacte d'un écrit, d'un dessin (L.P.C.I.S.).

COI, COY (coef ?) :

«Conduit en bois pour le nettoyage des marais salants» (Littré).
(tout conduit sous une digue ou une bosse).

COMPOSITES (images)

Compositions colorées

COMPRESSIBILITÉ :

Aptitude à diminuer de volume sous l'effet d'une pression.

COMPRESSIBILITÉ (coefficient de) :

Diminution relative du volume pour une augmentation de pression égale à l'unité.

CONSOLIDATION :

Diminution de la teneur en eau (des sols saturés) sous pression constante.

CONTRASTE D'UN OBJET :

Comparaison des luminances L et l de deux plages voisines... en photographie : $\log_{10}$ (L/l). (L.P.C.I.S.).

COUREAU :

Partie de la mer, pertuis, comprise entre la pointe de l'Aiguille (Fouras) et l'extrémité orientale de Maumusson, d'une part, et l'Ile de Ré (sic) d'autre part (G. MUSSET, 1882, qui écrit COURAUT).

DONNÉE :

Fait ou notion représentée sous une forme conventionnelle convenant à une communication, une interprétation ou un traitement, soit par l'homme, soit par des moyens automatiques (S.C.O.M.)

ECOSYSTEME :

«Une communauté intégrée à son environnement forme un système fonctionnel appelé écosystème» (p. 9)... «le terme d'écosystème peut être appliqué à des biocénoses et environnements d'extensions très diverses» (p. 39) (P. DUVIGNEAUD, 1974, La Synthèse écologique, Paris, Doin, 296 p.).

ELEMENT D'IMAGE : (pixel, acronyme de picture element)

Plus petite surface enregistrée définie par la résolution spatiale du capteur, et dont la surface au sol pour une distance donnée varie en fonction de l'angle d'inclinaison du système optique de balayage, à l'instant de l'enregistrement (C.E.).

EQUIDENSITÉ :

Phototypes obtenus à partir d'un original dont la gamme d'intervalles égaux de différences de densités, est rendue par une succession de gris uniformes ou par des couleurs différentes (L.P.C.I.S.).

ERTS :

Earth Resources Technology Satellite. Rebaptisé Landsat en 1975.

GEOFACIES :

Unité de paysage «présentant sur une distance de quelques hectomètres à quelques kilomètres, une physionomie homogène» (G. BERTRAND, 1970).

HAVRE :

- Petit port naturel bien abrité, généralement à l'embouchure d'un fleuve.
- Chenal de marée principal, d'ordinaire assez large, et où des bateaux ont pu trouver refuge. Cf. Havre de Brouage.

ILE :

«Etendue de terres entourées de marais, rappelant le temps où ces terres étaient isolées du continent par des eaux abondantes... On a conservé l'expression de **en** pour désigner l'action d'aller dans ces îles : on dit aller... en Agère» (G. MUSSET, 1882).

(Eminence de «terre ferme» ou de «terre douce» au-dessus des terres de bri : Ile d'Albe, Ile de Malaigre, Ile Bordeaux, etc...)

IMAGE :

1. «Tout ce qui peut faire apparaître sur une surface uniforme des lignes et des formes par des différences de luminance et de couleurs» (KOWALISKI, 1972 b, p. 1024).
2. (Transcription sur support photographique des variations d'énergie enregistrées par un capteur).
   Ex. : images Landsat, images NOAA, images thermiques. Ne pas confondre avec photographie (cf fig. 216).

LACET :

1. Mouvement d'un corps autour d'un axe, dit de lacet, perpendiculaire aux axes de roulis et de tangage (V.S.T.S.).
2. «Succession d'angles aigus de part et d'autre d'un axe» (Robert). Déviations du satellite de part et d'autre de la trajectoire prévue.

LIMITES D'ATTERBERG :

La limite de plasticité Wp est la teneur en eau d'un «sol» (au sens géotechnique) qui passe de l'état solide à l'état plastique ; la limite de liquidité Wl est la teneur en eau pour laquelle le sol passe de l'état plastique à l'état liquide.

LIMITE DE RÉSOLUTION :

Valeur numérique définissant la plus petite distance discernable entre deux éléments voisins d'une image. Ce terme s'applique :
- aux objectifs,
- aux émulsions,
- aux images (L.P.C.I.S.).

LINÉAMENT :

«Trait topographique d'au moins plusieurs kilomètres de longueur, visible, rectiligne ou très peu incurvé qui correspond à un alignement ou à une succession de faits descriptifs de la surface terrestre» (C. CAZABAT, 1975).

LUMINANCE :

Flux lumineux émis par unité de surface (antérieurement dénommé brillance). L.P.C.I.S.

(Ici désigne la quantité d'énergie réfléchie par la surface terrestre, principalement dans la partie visible du spectre).

MALINES :

Terme local désignant les marées de vive-eau.

MAILLE DU PAYSAGE :

(Unité physionomique de paysage dont le contenu est homogène dans les condition de l'observation (échelle, capteur, etc...).

MAPPON :

(J. BOULAINE, 1978) Unité cartographique (cf p. 367)

MARAIS DOUX :

«Marais qui ne sont alimentés que par de l'eau douce» (G. MUSSET, 1892)
(se comprend par opposition à marais salants).

MARAIS GATS :

«Anciens marais salants abandonnés où l'eau est rendue saumâtre par des apports d'eau salée» (G. MUSSET, 1892).
(Se dit des anciens marais salants abandonnés au pacage).

MARAIS PLAT :

(Marais dont le sol ne porte pas de traces importantes d'aménagements humains : polder ; son relief est comparable à celui du schorre ; s'oppose au marais salant, où le relief est en grande partie d'origine anthropique).

MEDIANE :

En granulomètrie, taille du grain telle qu'il y ait le même poids de grains plus gros et (de grains) plus petits (F. VERGER, 1970).

METIERES :

Dans une prise de marais salants, série de bassins allongés où les eaux séjournent après le jas et avant les aires saunantes. (Un des nombreux termes désignant ces bassins ; employé en Saintonge).

NASA :

National Aeronautic and Space Administration. Agence américaine (USA) de collecte et de traitement, de diffusion des données recueillies par avions, ballons, fusées, satellites, etc...

NEOTAXONOMIE :

(Classification nouvelle des faits géographiques en fonction de leur comportement dans un groupe donné de longueurs d'onde. Voir parataxonomie et fig. 272).

NETTETÉ D'UNE IMAGE :

Aspect visuel d'une image ou d'un phototype, offrant une restitution satisfaisante des détails d'un sujet (L.P.C.I.S.).

NOEUD DESCENDANT :

Intersection de l'orbite d'un satellite avec le plan de l'Equateur terrestre, lorsque le satellite passe de l'hémisphère Nord à l'hémisphère Sud. Nœud ascendant dans le sens inverse.

NOAA :

National Oceanographic and Atmospheric Administration. Agence américaine (USA) de collecte et traitement de données concernant les Océans et l'Atmosphère.

NOLES, NOUES :

(Dépressions en eau dans les marais ; s'applique principalement aux anciens chenaux de marée, tronçonnés par les travaux d'aménagement).

NON SUPERVISÉE (méthode de traitement) :

Agrégation de signatures spectrales en un nombre restreint de sous-ensembles homogènes, à l'aide de critères de construction aussi dépourvus d'arbitraire que possible (FRALIT, 1977, p. 121).

NUMÉRIQUE :

Se dit, par opposition à analogique, de la représentation de données d'information ou de grandeurs physiques au moyen de caractères - de chiffres généralement -,et aussi des systèmes, dispositifs ou procédés employant ce mode de représentation discrète. Exemple : calculateur numérique (en anglais, digital, numérical, - ic). (J.O. 12 janvier 1974,p. 485).

ORBITE HELIOSYNCHRONE : employer orbite à ensoleillement constant.

Trajectoire d'un satellite établie pour que le satellite passe toujours à la même heure civile au nœud (descendant) (9 h 42 pour Landsat 1). Une telle orbite **précessionne** dans le même sens et à la même vitesse angulaire que le mouvement du Soleil moyen autour de la Terre (environ 1° par jour).

PARATAXONOMIE :

(Classification des faits géographiques obtenue en les rapprochant des «paysages» définis par des groupes de valeurs de rayonnement enregistrés lors des opérations de télédétection. Voir néotaxonomie).

PARC A HUITRES :

(Secteur amodié où les huîtres sont élevées et récoltées avant leur verdissement en claires).

PHENON (J. BOULAINE, 1978;cf. p. 370).

PHOTOGRAPHIE AÉRIENNE :

«Enregistrement sur une surface sensible de certaines radiations du spectre lumineux fourni par l'image d'une partie de la Terre ;... message lisible par l'œil humain sous forme d'une information plus ou moins codée».
(C. CAZABAT, 1969, p. 11).

PIXEL :

Voir élément d'image.

PLASTICITÉ :

Indice de plasticité Ip : différence entre limite de liquidité Wl et la limite de plasticité Wp : Ip= Wl—Wp.

PLATIN :

1. Partie basse d'une plage qui paraît à basse mer (LITTRE).
2. «Employé couramment pour les anses où règnent des bas-fonds vaseux ou argileux» (G. MUSSET, 1882).
3. Zone exondée, en pacage, jamais cultivée (RIEDEL, 1959). (Employé ici dans le sens 2).

POLDER :

- (Cellules isolées des eaux extérieures par des digues).
- Etendues hydrologiquement indépendantes où l'homme règle le drainage par gravité, en utilisant le jeu des marées au moins lors des ultimes étapes de l'écoulement
(F. VERGER, 1965 ; 1968, p. 329).

POMPAGE :

Déviations de la trajectoire au cours desquelles le satellite se rapproche puis s'éloigne alternativement de la Terre.

POUVOIR SÉPARATEUR :

1. En optique, inverse de la limite de résolution ; en photographie, se nomme **pouvoir résolvant** (L.P.C.I.S.).
2. Angle sous lequel deux objets identiques peuvent être encore distingués l'un de l'autre par un système optique (inverse de fréquence de coupure) (D. SARRAT, in litteris).

PRE-TRAITEMENT :

Utilisé ici pour désigner l'ensemble des opérations assurant la transcription des signaux reçus des satellites en images ou en bandes numériques utilisables pour l'interprétation. Les données reçues de la NASA ou de Telespazio ont subi un pré-traitement ; le traitement des données se fait sur demande de l'interprète.

PRISE : Terrain conquis sur la mer.

- Pour F. VERGER (1968 p. 329) le terme de **polder** est réservé aux prises hydrologiquement indépendantes, drainées en vue d'une utilisation agricole ou pastorale. Le terme de **prise** désigne les terrains gagnés sur les rives d'un estuaire, et qui étaient submersibles par la marée.
- En Charente Maritime, les terrains gagnés sur la mer, utilisés par l'agriculture, la récole du sel ou l'ostréiculture sont appelés **prises,** (le terme de **sartière** désignant aussi, abusivement, les terres gagnées sur les rives des chenaux de Brouage et de la Seudre).

RADIANCE :

(terme anglais sensu stricto, dont l'équivalent français est luminance).

Quantité d'énergie renvoyée par un élément de surface ds dans un angle solide $d\omega$

(ici, désigne la quantité d'énergie émise par la surface terrestre, généralement en dehors du spectre visible ; cf luminance).

RAIZE BATISE :

Chemin étroit, pouvant laisser passer une bête de somme bâtée.

RAPPORT SIGNAL/BRUIT :

Rapport entre l'intensité de l'énergie enregistrée en un point (information) et le «bruit de fond», phénomène aléatoire produit par les instruments d'enregistrement. Lors des enregistrements, l'information enregistrée est d'autant plus nette que son intensité s'éloigne du bruit de fond.

RÉSOLUTION A LA RESTITUTION :

(dimension du plus petit objet discernable à l'échelle de la restitution ; voir limite de résolution de l'image).

RÉSOLUTION AU SOL :

1. Désigne les dimensions de la tache élémentaire ; des objets de dimension inférieure à la tache élémentaire pouvant être détectés, ce terme semble devoir être abandonné.
2. (Dimension du plus petit objet identifiable au cours d'une opération donnée de télédétection ; différent de la tache élémentaire).

RÉSOLUTION D'ENREGISTREMENT :

(Dimension du plus faible contraste qui puisse être discerné par le capteur).

RÉSOLUTION SPECTRALE :

Largeur de la bande spectrale à laquelle est sensible un capteur.

RÉSOLUTION «UTILE» :

(Résolution permettant l'identification du plus petit objet intéressant un interprète donné effectuant une recherche précise. Notion en grande partie subjective).

ROULIS :

Mouvement d'un corps (ici satellite) autour d'un axe de roulis... choisi conventionnellement... : axe principal d'énergie - ou direction du vecteur de l'engin (D.S.T.S.) - voir lacet et tangage.

SARTIERE :

1. Partie de l'estran où l'on peut récolter le «sart». (LITTRÉ)
2. «Terrains incultes situés au pied des digues» (Enquête sur les Sels, 1868, t. 1 p. 511).
3. Equivalent de pré-salé, misotte (J. WELSCH, 1914, p. 21).
4. Désigne «les vases qui découvrent et qui pourront plus tard devenir des prises et des terres de cultures» (J. WELSCH, 1917, p. 350).
5. Equivalent de schorre.
   (Sur les cartes, les terrains gagnés sur les rives des estuaires ou des chenaux de marée ont conservé cette nomenclature, abusivement selon nous) (Employé ici dans le sens 1.3.5).

SEUIL DE DÉTECTABILITÉ :

Dimension du plus petit objet dont la présence et/ou l'absence soit repérable sur une image. Ce seuil dépend du contraste entre l'objet et l'environnement dans le canal utilisé tout autant que de ses dimensions et de l'échelle d'observation.

SIGNATURE SPECTRALE :

Valeurs de rayonnement caractéristiques d'un élément du paysage.

SIGNATURE MULTISPECTRALE :

Groupe de valeurs de rayonnement enregistrées dans différents canaux et caractérisant un élément du paysage. Peut-être diachronique (multitemporel) ou non (lors d'un seul enregistrement).

SITE TEMOIN : «TEST-SITE» :

Emplacement, de surface réduite, dont on connaît les principales caractéristiques et où on peut installer des postes d'observation.

SKYLAB :

Laboratoire du Ciel (Sky). Satellite habité (1973) ayant donné lieu à des enregistrements de la surface de la Terre par photographies et par détecteurs multibandes.

STRUCTURE DE L'IMAGE :

Ensemble des formes géométriques que déterminent des différences locales d'intensité, généralement associées à la sémantique de l'image.

SUPERVISE : (méthode de traitement) :

Répartition des signatures spectrales basée sur l'ensemble des connaissances que l'on peut avoir à priori de la nature et de localisation des objets existants au sol dans une «zone témoin». (FRALIT, 1977, p. 121).

SYSTEME A BALAYAGE ou scanner

Système de collecte des données de télédétection dans lequel les données correspondant à plusieurs éléments contigüs au sol sont enregistrées par lignes successives.

C'est le mode d'enregistrement utilisé par la plupart des capteurs non photographiques.

TACHE ÉLÉMENTAIRE D'ENREGISTREMENT pixel, (ou tachel)

Définie géométriquement par la surface au sol intersectée par l'angle solide issu du capteur. Correspond à un quadrilatère de 79 x 56 m dans les expériences Landsat ; voir élément d'image.

TANGAGE :

1. «Mouvement alternatif d'un navire (ici, du satellite) dont l'avant et l'arrière plongent alternativement» (Robert).
2. Mouvement d'un corps autour d'un axe, dit de tangage, perpendiculaire à l'axe de roulis... Pour un satellite... l'axe de tangage est choisi conventionnellement ; c'est par exemple, une direction horizontale ou un axe principal d'inertie. (D.S.T.S.). Voir lacet et roulis.

TASSEMENT :

Diminution du volume total par diminution de l'indice des vides.

TAXON :

«Unité conceptuelle de classification des paysages» (FRALIT, 1979, p. 126).

TRAVAUX DE TERRAIN - (fieldwork, including ground-truth).

Dans le cadre d'une opération de télédétection aérienne et/ou spatiale, ensemble de mesures des grandeurs physiques et de prises d'échantillons faites sur le terrain objet de cette opération (C.E.).

TÉLÉDÉTECTION : ou détection à distance.

1. Sensu stricto. Acquisition à distance d'un point de vue aérien ou spatial (télédétection aéro-spatiale) de données relatives à la Terre, voire à d'autres planètes, au moyen d'instruments embarqués sensibles aux ondes électromagnétiques réfléchies ou/et émises par les objets : ce terme s'emploie de plus en plus fréquemment aujourd'hui en y incluant la photographie aérienne.
   Sensu lato. Cette expression peut recouvrir également l'analyse des données et l'interprétation de ses résultats (Gt DTAS)
2. Etude de la surface de la Terre (ou d'autres astres), en utilisant le rayonnement électromagnétique comme porteur d'informations. (Cf livre 3).

TÉLÉDÉTECTION ACTIVE :

Télédétection dans laquelle une source d'énergie (artificielle) est embarquée à bord du même vecteur que le système de collecte des radiations réfléchies (capteur).

Ex. : opération Radar (Radio Detection And Ranging), opération Laser (Light Amplification by Simulated Emission of Radiation).

TÉLÉDÉTECTION PASSIVE :

Télédétection dans laquelle la source d'énergie est extérieure au vecteur.

Généralement, c'est le Soleil ; on recueille de jour surtout les ondes réfléchies, de nuit principalement les ondes émises (thermographies).

TÉLÉ-INTERPRÉTATION :

Interprétation, sur écran ou console à tube cathodique, en temps réel ou différé, de données recueillies par télédétection. Si l'interprétation des données saisies par télédétection se fait au moyen de la photographie (visualisation photographique des données), on revient à une technique d'étude qui s'apparente à celle retenue par la photo-interprétation.

Expression à proscrire dans le sens d'une contraction des termes lexicaux télédétection et photo-interprétation. (Gt D.T.A.S.).

TENEUR EN EAU (W) :

Pourcentage du poids d'eau rapporté au poids de l'échantillon sec.

TEXTURE (d'une image)

Ensemble des propriétés spatiales, périodiques ou non, d'un phénomène se déployant dans le plan de l'image jusqu'à ses limites d'existence : l'étendue de ce phénomène ne participe pas de la texture, non plus que la forme des contours d'ailleurs, mais elle doit être suffisante au regard des éléments de base constituant la texture. Le terme concerne le contenant du phénomène et non pas son contenu (D. SARRAT, in litteris).

TRAITEMENT DE L'INFORMATION, DES DONNÉES :

Déroulement systématique d'une suite d'opérations sur les données (AFNOR)

VALEUR DE RAYONNEMENT :

Quantité d'énergie enregistrée par un capteur lors d'une opération de télédétection. Peut-être différente de la quantité d'énergie mesurée au sol.

VECTEUR :

Engin mobile utilisé pour porter un capteur de télédétection. Ex. : avion, ballon, satellite.

VÉRITÉ DE TERRAIN : ou «réalité de terrain», ou «vérité-sol» («ground-truth»)

Ensemble des caractères permettant de définir une scène ou un «objet» (ou paysage) : ground-truth (voir travaux de terrain). Ex. : situation géographique, forme, aspect, état phénologique, teneur en eau, en aérosols ou polluants, etc...

VHRR :

Very High Resolution Radiometer - Système d'enregistrement embarqué à bord des satellites NOAA.

VIDÉO :

«Préfixe qui caractérise les fréquences électriques susceptibles de porter une image de télévision, soit de 100 cycles à 10 mégacycles environ» ; «modulation porteuse d'une image de télévision» (D.I.L.).

VISUALISATION :

Transcription graphique des résultats d'un prétraitement ou d'un traitement. On peut distinguer :
- visualisation sur console : sur terminal cathodique (écran TV)
- visualisation photographique : image
- visualisation cartographique.

VISUALISER (ou afficher) :

Inscrire les résultats d'un traitement sur un visuel (en anglais : to display) (J.O. - 14 janvier 1974).

VISUEL : (ou console de visualisation).

Dispositif d'affichage ou d'inscription sur un écran ou une console à tube cathodique ; cet écran ou cette console (en anglais : display) (J.O. - 14 janvier 1974).

VUE (SCÉNIQUE) ou Scène -

Gabarit de surface couverte au sol enregistré par un satellite et correspondant à une unité de temps d'enregistrement. A une vue scénique, ou scène, peuvent correspondre plusieurs images prises dans les différentes bandes du capteur.
Ex. : la scène 021-212 Landsat comprend 4 images correspondant aux canaux 4, 5, 6 et 7 du capteur à balayage multibande embarqué à bord du satellite. (C.E.).

WANTIJ :

Lieu de rencontre des courants de flot en arrière d'une île. (F. VERGER, 1968, p. 29). Prononcer «vanteille».

ZÉRO BOURDALOUE :

Une décision ministérielle du 13 janvier 1860 fixa comme origine des altitudes de ce réseau, le niveau moyen de la Méditerranée à Marseille, défini par le trait 0,40 m de l'échelle de marée de Fort Saint-Jean.

Sous le nom de **zéro Bourdalouë,** ce niveau de comparaison a été de 1860 à 1903, employé dans la plupart des services de travaux publics et dans ceux de la topographie militaire (C. LALLEMAND, E. PREVOST, 1927, p. V).

ZERO NORMAL : (Zéro normal de Nivellement Général de la France, ou Zéro Lallemand)

«En 1896, pour fixer le **Zéro normal,** on a tracé la courbe... figurant la variation progressive du niveau moyen de la Méditerranée, calculé mois par mois depuis l'origine (1 février 1885), d'après les indications du marégraphe totalisateur de Marseille.

Cette courbe oscillant autour d'une hyperbole équilatère..., dont, avec le temps, elle semblait devoir se rapprocher de plus en plus, on adopta, comme **Zéro normal,** le niveau qui répondait, sur le diagramme, à la cote de l'asymptote à cette hyperbole.

Le **zéro normal,** ainsi déterminé, se trouve exactement à 71 millimètres au dessous du **zéro Bourdalouë** et correspond à la cote 0,329 de l'échelle de marée du fort Saint Jean (id, p.XXIX).

ZONE D'EXPÉRIMENTATION :

Région dont les principales caractéristiques géographiques sont connues et utilisables pour définir des signatures multispectrales.

ZONE D'APPRENTISSAGE : (training area - training zone)

Site-témoin choisi en fonction de critères scientifiques s'appliquant à la représentativité, aux connaissances déjà acquises, à l'évolution du phénomène à étudier et à son cycle de variation en vue de contrôler et d'interpréter des résultats de classification ou de classement, d'aider à l'identification. L'ensemble de ces actions a pour objet la mise au point d'une méthodologie d'acquisition et de traitement des données, suffisamment générale pour être extrapolée à des zones plus vastes présentant des conditions de terrain sensiblement analogues en vue de passer à la phase opérationnelle, puis à l'établissement de modèles généralisables (C.E.).

INDEX DES PERSONNES CITÉES

ABRARD R.— 32.
ABRAMS M.J.— 347.
AGACHE R.— 157.
ALBUISSON M. — 12.
ALEXANDRU M. — 310.
ALGAZI V.R. — 331, 354.
ALLEN G.P. — 13, 113, 114, 115.
ALOUGES A. — 329.
AMERIJCKX J. — 18.
ANGRAND J.P. — 95.
ARCERE P. — 87, 230, 271.
ARCHAMBAULT M. — 16.
ARNAUD F. — 77, 130, 176.
AUPHAN E. — 16, 47, 94, 113, 115.
AUSSY D. d'. — 87.
AUZIAS L. — 303.
AZEMA C. — 303.
BAGNOULS F. — 69, 72.
BALTZER F. — 264.
BAN A. — 310.
BARIOU R. — 329.
BARTLETT D. — 344.
BARUSSEAU J.P. — 20, 49, 51, 52, 53, 55, 56, 57, 59, 66, 67, 89, 95 114, 248, 249.
BASTIN B. — 12, 299, 305.
BAUDET P. — 276.
BAUDOIN A. — 327.
BAULIG P. — 137, 193.
BAUSSART M. — 159.
BEAUCE M. — 241.
BEAUJEU-GARNIER J. — 18, 20, 427.
BEAUPIED-DUMESNIL. — 140, 141, 168.
BEAUTEMPS-BEAUPRE. — 236.
BELOUSSOV V.— 53.
BELTREMIEUX M. — 33.
BENNEMA J.— 276.
BENZECRI J.P. — 282, 284, 286, 287.
BERGER G. — 32, 40, 41.
BERTHELOT A. — 89.
BERTHIER J. — 274.
BERTHOIS L. — 276.
BERTIN J. — 16, 161, 420.
BERTRAND G. — 18, 47, 332, 334.
BIROT P. — 11, 13, 16, 19, 116, 280.
BISCAYE P.E. — 289.
BJERRUM L. — 276, 278, 279.
BLANCHO M. — 100, 148, 150.
BOISRAME C. — 69.
BOISSELIER A. — 10, 25, 27, 29, 30, 33, 34, 38, 39, 42, 78, 84, 89, 100, 261, 265, 268, 270.
BONNEAU M. — 223, 239.
BORDAS M. — 193.
BOUCHET R.J. — 73.
BOUGEARD H. — 23, 27.
BOULAINE J. — 370, 417.
BOUNICEAU M. — 110.
BOUQUET de LA GRYE A. — 59, 60, 61, 241, 271.
BOURDALOUE. — 237.
BOURGEOIS M. — 209.
BOURGES F. — 276, 277, 278, 279.
BOURGUEIL P. — 25, 27, 28, 29, 30, 31, 32 88, 90, 102, 132, 150, 246, 250, 264, 266, 270, 271, 290, 294.
BOURRU H. — 125.
BOYCE S. — 47, 49.
BOYE M. — 41.
BRADLEY H. — 127.
BREBION M. — 85.
BRESSOLIER C. — 12, 105, 160.
BRICE R.J. — 193, 194.
BRION C. — 150.
BRIQUET A. — 77, 78, 89, 95, 99, 123, 166.
BRUN F. — 394.
BRUNETEAU M. — 103.
BURNET C. — 78.
BUTERA V.K. — 352, 380.
CAILLEUX A. — 31, 32, 33, 43, 47, 288.
CAIRO L. — 354.
CALLAME B. — 66.
CANDOLLE de. — 9.
CANTRELL J.L. — 159, 163.
CARALP M. — 63, 66.
CARATINI C. — 302.
CARBONNEL M. — 347.
CARRE J. — 91.
CARTER V. — 148.
CASSINI. — 77, 86, 113.

CASSOUDEBAT M. — 30.
CAYEUX A. de. — 427.
CAZABAT C. — 91, 157, 161, 163, 166, 167, 169, 333, 335, 347, 354, 355, 357, 361, 362, 366, 367.
CAZES P. — 284.
CHARDONNET J. — 40, 49, 53, 54, 264.
CHASSE C. — 66.
CHATIN J. — 256.
CHEVAILLER J.C. — 285.
CHEVALIER A. — 296.
CHEVALLIER R. — 161.
CHILINGARIAN G.V. — 276.
CHOLLEY A. — 115.
CHOROWICZ J. — 355, 366.
CLAUZON G. — 355.
CLERVILLE Ch. de. — 77, 85.
CLET M. — 295, 305, 311.
COHEN J. — 295, 308.
COLVOCORESSES P.A. — 383, 398.
COMBARNOUS M. — 261, 174.
COMANS. — 127.
CONWAY D. — 160.
CORLIEUX M. — 25, 28, 32, 34, 93.
COUDERC J.M. — 12, 69, 119.
COUR P. — 303.
COURTIER A. — 61, 220, 236, 237, 239, 241.
COURTOT R. — 354, 355, 360, 362, 366, 367.
COUSERANS J. — 119.
COUTEAUX M. — 299, 305, 310.
CRAHAY de FRANCHIMONT M. — 239, 241, 261, 268, 270.
CRIE L. — 30.
DALIBON L. — 119.
DANGEARD L. — 276, 316.
DANIEL J. — 112.
DASSIE J. — 330.
DAVID D. J. — 338.
DAVID J. — 298.
DAVID P. — 83, 103, 310, 319.
DECAE A. — 327.
DECANTE E. — 268.
DE JONG J . — 16, 18.
DELAMAIRE S. — 10, 13.
DELAVAUD C. — 236.
DELBALAT M. — 34, 59, 261, 266.
DELFAUD J. — 25, 28, 36, 292.
DELIBRIAS G. — 78, 91, 316.
DEMANGEON A. — 78.
DEMARCQ Y. — 363, 364, 366, 413, 415, 420, 429.
DEMATHIEU P. — 327, 333, 335, 347, 352, 375.
DENEFLE M. — 12, 302.
DENOYELLE J. — 12.
DERANCOURT Cdt. — 89.
DERIES J. — 338.
DESDOIGTS J.Y. — 157, 160, 162, 201, 209, 227, 230.
DESIRE-MARCHAND J. — 12.
DE SMET L.A.H. — 257.
DESPORTES P. — 131.
DESPRAIRIES A. — 285, 286.
DEVEAU J.M. — 13.
DIDAY E. — 284.
DIENNE Cte de . — 14, 127.
DIETZ R.S. — 49.
DION R. — 303, 305.
DIOT M.F. — 295, 303, 305.
DIRKZWAGER M. — 168.
DOLAN R. — 347.
DOLLFUS O. — 18, 47, 332.
DONKER N.H.W. — 418.
DONNER J.J. — 303, 318.
DOREL G. — 86.
DOUVILLE H. — 32.
DRAPEAU M. — 73.
DRICOT E.M. — 303.
DROUIN A. — 78, 88, 91, 93, 134, 169.
DUANE D.B. — 49.
DUBOIS C. — 295.
DUBOIS G. — 295.
DUCHAUFOUR P. — 254.
DUCLOUX J. — 12, 88, 248, 249, 254, 266, 290.
DUGUET J. — 131.
DUPUIS J. — 12, 18, 73, 74, 150, 247, 248, 249, 254, 256, 257, 258, 259, 287, 290, 299.
DURAND J.H. — 256, 258.
DURAND-CLAYE L. — 246, 256.
DUZER D. — 303.
EDELMAN C.D. — 18.
ELHAI H. — 295, 300, 302, 311.
EMSALEM R. — 49.
ENJALBERT H. — 10, 11, 14, 16, 17, 18, 42, 43, 44, 45, 100, 119, 134, 135, 160, 196, 207, 236, 246, 261, 288, 299, 302, 303.
ERDTMAN G. — 295.
ERONEN M. — 314.
ESCOURROU G. — 68.
EVANS R. — 162, 168.
FABRE A. — 43, 44.
FACON R. — 100, 160, 256.
FAEGRI K. — 295.
FAILLE R. — 77.
FAIRBRIDGE R. W. — 49, 278, 318.
FAVRE M. — 77, 81.
FAVREAU R. — 93.
FERAL A. — 302.

FERGUSON R.J. — 193.
FERRONIERE. — 94.
FETRE M. — 12.
FLAMENT E. — 12.
FLEURIAU de BELLEVUE ou FLEURIAU-BELLEVUE. — 10, 137.
FLEURY J.J. — 12, 28, 42.
FLORSCHUTZ F. — 302.
FONTANEL A. — 328, 347, 354, 394.
FOURNIER B. — 18, 247, 330.
FRIDMAN R. — 78, 111, 288.
FROIDEFONT J.P. — 113.
GABET C. — 11, 77, 78, 81, 83, 84, 85, 86, 88, 94, 95, 99, 103, 109, 131, 180, 217, 219, 238, 256, 266, 270, 290, 298, 299, 305, 310, 312, 318, 319, 322.
GABILLY J. — 88, 248, 249.
GABINAUD A. — 119.
GACQUER A. — 12.
GAGNON H. — 158, 163.
GALENNE B. — 292.
GALLAGHER J.L. — 159.
GALLOY P. — 95.
GARDINER V. — 190.
GARENC P. — 68, 69, 72, 73.
GARNIER D. — 246, 247, 249, 257, 258, 287, 290.
GATEAU G. — 362.
GAUSSEN H. — 68, 69, 300.
GAUTHIER J. — 292.
GAUTIER J. — 28, 29, 41.
GEHU J.M. — 155.
GELIN H. — 236.
GEORGE P. — 158.
GERMANEAU M. — 83.
GEUZE E.C.W.H. — 276.
GIERLOFF - EMDEN H.G. — 352, 367, 381.
GILLARD P.A. — 32, 33, 42.
GIOT P. — 77, 316.
GIRARD C.M. — 327, 330, 335.
GIRARD M. — 299.
GIRARD M.C. — 327, 330, 335.
GIRESSE P. — 316.
GLEMAREC M. — 66.
GLENN BIRD S.J. — 159.
GODWIN H. — 295.
GOETZ A.F.H. — 347.
GOMEZ J. — 103.
GOUGENHEIM A. — 242.
GOULEAU D. — 57, 276, 278, 289.
GOULETQUER P. — 81, 84.
GOULEVANT C. — 243.
GOURDON N. — 31.
GOURET M.T. — 10, 13.
GUILCHER A. — 11, 13, 16, 18, 19, 49, 83, 95, 96, 99, 243, 314, 319, 408.
GUILLAUME P. — 125.
GUILLEMOT J. — 333, 366.
GUILLOT B. — 140, 141.
GUY M. — 161, 327, 333, 366.
HAEFNER M. — 419.
HALTINGER. — 49.
HAYDEN B. — 347.
HEAD J. — 168.
HEUSELER H. — 357.
HIGOUNET C. — 303.
HILY C. — 47, 65-66, 67, 68.
HINSCHBERGER F. — 51, 55.
HISSINK D.J. — 57, 257.
d'HOLLANDER R. — 12, 135, 198,199, 236.
HOLZ R.K. — 160.192.
HOMMERIL P. — 316.
HORN R. — 51, 53.
HORTON R.E. — 190.
HOWARD A.D. — 193.
HUAULT M.F. — 312.
HUGER J. — 105.
HUGO V. — 125, 326, 352.
HUNTER G.T. — 159.
HURAULT J. — 91, 199.
HURIEZ M. — 256, 257.
HUSBERG T. — 357.
HUSSON R. — 159, 160, 161, 327, 334,429.
INMAN D.L. — 49.
IVERSEN J. — 295.
JAMBU P. — 150, 247, 251, 258, 259.
JEANNEAU B. — 59.
JELGERSMA S. — 18.
JOANNE A. — 125.
JOHNSON D.W. — 316.
JOLY F. — 367.
JOLY G. — 337, 383, 420.
JORDAN R.R. — 333.
JOURNAUX A. — 11, 12, 148, 305.
JUIGNET P. — 43.
JUNGER H. — 318.
KIEKEN M. — 31, 43, 44.
KILIAN J. — 428.
KING C.A.M. — 89.
KLEIN Cl. — 12, 36, 42, 43, 44, 45.
KLEMAS V. — 344, 347, 352, 383.
KLINGEBIEL A. — 32, 61, 115, 302.
KOENIGER J.C. — 31.
KOFF C.L. — 278.
KOSCO W.J. — 148.
KOWALISKI P. — 329, 333, 354, 365.
KRATKY V. — 333.
KUHNOLTZ - LORDAT G. — 112.
LABEYRIE J. — 316.
LACOSTE Y. — 334, 352.
LA FAVOLIERE. — 77, 85, 99, 108.

LAFOND L.R. — 12, 280, 282, 284, 285, 288.
LAFUSTE J. — 25.
LAHONDERE C. — 112.
LAIDET C. — 329, 330.
LALLEMAND. — 237.
LALLEMAND C. — 394.
LAMBERT P. — 355.
LAMBERT R. — 69, 71.
LANCELOT A.S. — 118, 119.
LAPIERRE F. — 51.
LAPLACE. — 236, 237.
LAROUSSE P. — 125.
LARSONNEUR C. — 276.
LATOUCHE C. — 290, 292, 294.
LAURENT C. — 27.
LAUFF G. — 258.
LAVALLEE Th. — 123.
LAVASSO J. — 12.
LAVERNE M. — 119.
LEBART L. — 284.
LECARPENTIER C. — 73.
LECLER. — 47, 99, 103, 112, 114.
LECOINTRE G. — 23, 27, 29, 36, 51, 298.
LE COUSTUMER M. — 289.
LEFEVRE P. — 175.
LEGENDRE G. — 394.
LEGOUX R. — 93.
LENTACKER F. — 18.
LEOPOLD L.B. — 193.
LE RIBAULT L. — 12, 32, 263, 264.
LE TERME. — 118, 119, 125, 135, 140, 141, 143, 166, 168, 206.
LETHIEC M. — 357.
LEVALLOIS J.J. — 237.
LEVEQUE P.C. — 302.
LEVY A. — 312.
LHENAFF R. — 16.
LITTRE E. — 137.
LOBJOIS J.— 333, 366.
LONG B. — 59.
LONG G. — 148, 162, 352.
LONGUEVILLE G. de. — 111, 112.
LORIN F.— 51, 57.
LOTH O.— 14.
LOUAIL J. — 42.
LUTTON M. — 261, 274.
LUTZ J. — 135, 159.
LUTZE G. — 312, 313.
Mac EWEN R.B. — 148.
MACHENAUD R. — 69.
Mac LUHAN M. — 366.
Mac MASTER R. L. — 276.
MAINGUET M. — 141, 367.
MAIRAND M. — 246, 256.
MAIRS R.L. — 352.
MAITI D. — 284.
MANCINI M. — 125.
MANEN L. 220, 261.
MANES W. — 33.
MARCHEGAY P. — 87.
MARECHAL R. — 253, 256.
MARIE P. — 23, 27.
MARRE J. — 32.
MARTIN. — 49.
MARTIN G. — 51, 52, 53.
MARTIN R. — 55, 57.
MARTONNE E. de . — 16, 47, 73, 157.
MAS J.P. — 119, 120, 150.
MASCHHAUPT J.G. — 257.
MASSE Cl. — 10, 77, 86, 88, 89, 92, 94, 95, 99, 102, 108, 109, 111, 112, 133, 134, 137, 143, 166, 167, 187, 227, 276.
MASSON Ph. — 32, 160.
MATHERON G. — 215.
MATHIEU G. — 92, 94.
MAUGH II T.H. — 327.
MAURER G. — 148.
MAURIN A.F. — 331.
MAY G.A. — 393.
METAIS C. — 77, 88, 129.
MEYNIER A. — 16, 427.
MICHEL P. — 256.
MIEUSSENS C. — 277.
MIGNIOT C. — 276.
MOHEN J.P. — 81.
MOIGN A. — 100.
MONACO A. — 290, 292, 294.
MONGET J.M. — 12, 282, 362, 375, 377, 418.
MONTADERT. — 51.
MONIOT Cl. — 16, 47, 94, 113, 115.
MORAND F. — 298.
MOREAU J. — 119, 146.
MOREAU P. — 25, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 39, 41, 42, 43, 88, 90, 102, 108, 132, 150, 246, 248, 249, 250, 261, 264, 266, 270, 290, 292, 294.
MORLIERE R. — 12.
MORNER N.A. — 278.
MORZADEC KERFOURN M.T. — 12, 295, 296, 299, 302, 303, 310, 311, 312, 316, 319.
MOULINE M. — 41.
MOUNES J. — 249, 258.
MUKHINA I.A. — 159.
MULDERS M.A. — 393, 418.
MUNAUT A.V. — 295, 303, 310.
MURAOUR P. — 51.
MUSSET G. — 123, 137, 141, 150.

NAUDIN J.J. — 190, 192.
NEUMANN M. — 43.
NIJS R. — 18, 150, 247, 248, 252, 253, 257, 258, 266, 287, 289, 290, 292, 320, 352.
NILSSON T. — 300, 310.
NONY P. — 366.
NORMAND M. — 25, 27, 33, 34, 93.
ODUM P.E. — 258.
OLIVON P. — 381.
OLSON M.C. — 347.
ORR D.J. — 160, 327.
PALISSY B. — 135, 141, 159, 169, 204.
PAPY L. — 10, 13, 14, 16, 17, 18, 23, 25, 29, 30, 33, 59, 69, 78, 88, 89, 100, 119, 125, 134, 135, 137, 167.
PAQUEREAU M.M. — 295, 299, 303, 310.
PARRA M. — 292.
PASKOFF R. — 100.
PASSERAT C. — 10, 14, 16, 17, 34, 77, 86, 134, 167, 266.
PAUL S. — 91, 161, 327, 331, 333, 355,366.
PAUTE J.L. — 277.
PAUTREAU J.P. — 78, 310.
PAUVRET R.B. — 55.
PAWLOWSKI A. — 10, 77, 88, 93, 112, 134, 169, 227.
PECK R.B. — 274.
PEIGNAUD M. — 278.
PELUS M.L. — 131.
PERRICHET - THOMAS C. — 77, 81, 82, 83.
PERVINQUIERE L. — 32.
PEREZ R. — 12.
PETERSEN G. N. — 393.
PETIT V. — 12.
PETTIT - MARTIN M. — 236, 242.
PHILPOT W. — 344.
PILKEY D.H. — 49.
PINCHEMEL Ph. — 44, 123, 190.
PINEAU H. — 51, 88, 111, 112.
PINOT J.P. — 16, 47, 49, 51, 55, 73, 89, 95, 99, 114, 282, 287, 318.
PIRAZZOLI P. — 20, 243, 312, 318, 319, 320.
PLANCHAIS N. — 12, 295, 296, 303, 305, 310, 311.
PLATEL J.P. — 29, 30, 31, 32, 39, 41, 43, 108, 246, 248, 249, 261, 290, 292, 294.
POISSON M. — 394.
POLEY J. — 356.
POLONY M. — 10, 59, 83, 246, 261, 266, 274.
POLVECHE J. — 25, 32, 33, 36.
PONS A. — 295.
POSTMA H. — 57, 276.
POUGET C. — 268.
POULIQUEN M. — 20, 63, 66, 291, 293, 352.
POUQUET J. — 328. 329, 331, 352, 357, 366, 367.
POURMOTAMED F. — 43.
PRATVIEIL L. — 41.
PROVEUX J. — 126.
PREVOSTEAU M. — 362.
PRIGENT D. — 84, 276, 277, 278, 319.
PRUD'HOMME R. et J. — 52, 190, 192.
PUYCOUYOUL J. — 59, 60.
de QUATREFAGES A. — 10, 430.
QUICK J.R. — 160, 327.
RALLET L. — 302.
RANZ E. — 354.
REED L. — 344.
REGRAIN R. — 10, 13, 14, 47, 88, 91, 113, 115, 116, 119, 123, 125, 128, 132, 137, 138, 140, 141, 160, 161, 162, 167, 169, 175, 187, 194, 201, 227, 233, 236, 335, 337, 347, 354, 357, 366, 386, 394, 396, 401, 410, 413, 415, 420, 429.
REGTEREN ALTENA J.F. Van. — 18.
REIMOLD R.J. — 159.
REINECK H.E. — 57.
RENARD R. — 13.
RESSEGUIER A. de. — 61.
REVERSEAUX Guéau de . — 125, 135, 143, 166.
REY P. — 69, 161, 329, 331.
(ou REY P.A.)
REYNAUD A. — 115, 427.
RIBOT J.M. — 354, 355, 357, 359, 366.
RICCO G. — 359, 360, 362, 367.
RIEDEL C.E. — 256, 257.
RIEKE H.H. — 276.
RIGOMIER D. — 247, 258, 259.
RIGUIDEL M.J. — 331.
RIMBERT S. — 135, 159.
RIVEREAU J.C. — 354, 394.
RIVIERE A. — 12, 32, 280, 282, 285, 286, 287.
ROEHRICH C. — 275.
ROGERS R. — 344.
ROLLET de L'ISLE M. — 59, 219, 236, 241.
ROSNAY J. de. — 115.
ROSSELLO V.M. — 355.
ROSSET - MOULINIER M. — 312.
ROUBAIX P. de. — 366.
ROUCH J. — 237.
ROUCH M. — 69.
ROUCHE M. — 303, 305.
ROUGERIE G. — 334.

ROUSSET B. — 12.
ROUVREAU M. — 77.
RUDELLE J. — 12, 363, 364, 365, 366, 413, 415, 420, 429.
RUSSELL R.J. — 93.
SAINTE-COLOMBE . — 77, 85.
SALIN R. — 18, 247.
SAUVE P. — 125.
SAUZAY G. — 59.
SCANVIC Y. — 355, 362.
SCHATTNER I.— 169, 187, 193, 194.
SCHEIDEGGER A.E. — 190.
SCHNEIDER S. — 354.
SCHOELLER H. — 32.
SCHOU A. — 89, 99.
SCHUMM S. A. — 190, 193.
SEHER J.S. — 159.
SEIGNEURIN R. — 69, 72.
SHAPLEY D. — 327.
SHERIDAN R. E. — 333.
SHREVE R. L. — 190.
SIEGAL B.S. — 347.
SIETTE P. — 133.
SIMONNEAU P. — 119, 120, 150.
SMITS H. — 276.
SOUZA N. de. — 102, 381.
SPOLJARIC N. — 333.
SPOONER. — 381.
STRAHLER A. N. — 190.
SWIFT J.P. — 49.
TADDEI D. — 12.
TAMAIN G. — 299.
TASSAUX M. — 77, 312.
TAVERNIER R. — 18, 253, 256.
TEAL J.M. — 258.
TERNER Y. M. — 32, 40, 41, 43.
TERS M. — 12, 20, 42, 44, 85, 257, 278, 299, 300, 303, 312, 314, 316, 320, 322, 323.
TERZAGHI K. — 274, 277.
TESSON M. — 51, 53, 54, 55, 56, 57, 61, 63, 66, 67, 68, 77, 111, 112, 113, 114, 115, 262, 264, 363, 375, 383, 398.
THIBAULT A. — 14, 17.
THOMAS G. — 394.
THOMAS Y.F. — 12, 49, 99, 284, 383, 394, 398.
THOMMERET J. — 91, 318.
THOMPSON D.E. — 159.
THORNTHWAITE . — 73.
THURNIGER M. — 241.
TORRES C. — 25.
TRICART J. — 13, 18, 47, 115, 148, 159, 160, 161, 196, 282, 283, 284, 285, 327, 332, 333, 334, 345, 347, 352, 366, 367, 386, 428, 429, 430.
TUELLER J.S. — 159.
TURON J.L. — 303.
VACHER A. — 193.
VALLANTIN P. — 95.
VALMONT BOMARE. — 123.
VAN CAMPO M. — 295, 300, 302.
VANDEN BERGHEN C. — 47, 49.
VANNEREAU M.A. — 77.
VANNEY J.R. — 16, 49, 51, 53, 55, 57, 67, 68, 287.
VAN STRAATEN L.M.J.U. — 57, 162, 276.
VASSEUR G. — 32.
VEAU M. — 239.
VEILLON M. — 32, 43.
VERGER F. — 11, 14, 16, 17, 18, 19, 47, 49, 51, 57, 58, 59, 62, 89, 91, 95, 100, 108, 109, 113, 115, 116, 117, 126, 135, 137, 148, 154, 155, 161, 162, 166, 168, 169, 174, 178, 179, 187, 190, 194, 196, 198, 201, 202, 207, 209, 216, 222, 233, 236, 237, 238, 242, 247, 248, 249, 256, 257, 280, 284, 288, 295, 302, 316, 319, 329, 335, 336, 337, 347, 352, 357, 362, 375, 383, 394, 404, 414, 419, 420.
VERNE J. — 14, 123, 125.
VERNET J.L. — 301.
VERNHET S. — 286.
VIDAL de LA BLACHE P. — 77.
VIDALIE J.F. — 274, 277, 278, 290, 291, 293, 294.
VIDALIN. — 59, 261.
VIGNEAUX M. — 32, 43, 55, 59, 63, 66, 292, 294, 383.
VIGNON F. — 12, 258.
VIGUIER C. — 41.
VISSET L. — 311.
VOUVE J. — 28.
VUILLAUME Y. — 354.
WATERLOT G. — 25, 32, 33, 34, 36, 42, 88.
WEDDEL. — 49.
WEECKSTEEN G. — 362.
WELSCH J. — 10, 16, 32, 33, 62, 77, 78, 84, 89, 91, 100, 137, 236, 246, 271.
WIGGERS A.J. — 276.
WONG K.W. — 333, 377.
WRIGHT J. K. — 123.
ZAGWYN W.H. — 18.
ZAHCEV I.V. — 159.
ZENKOVITCH V.P. — 49, 94, 114.
ZONNEVELD J.I.S. — 352.
ZUUR A.J. — 57.

INDEX DES NOMS DE LIEUX

AÇORES anticyclone : 68, 69.

Agère (BALLON) : 78, 89, 130, 150, 182, 183, 184, 249, 270, 386, 388, 408, 410.

AIGREFEUILLE : 270, 274.

L'AIGUILLON : 51, 59, 168, 57, 62. 249, 259, 288, 349, 359, 363, 383.

AIX (Ile d') : 49, 55, 57, 60, 61, 62, 77 93, 99, 115, 239, 349, 381, 383.

rade de : 49, 61.

Albe, Ile d' (MURON) : 36, 74, 76, 79. 81, 156, 176, 178, 179, 180, 227, 249, 250, 251, 255, 256, 270, 290, 414.

ALLEMAGNE : 197.

Alouette, chenal et taillée, BEAUGEAY : 171.

ALSACE : 367.

AMAZONE (riv.) : 192.

AMÉRIQUE CENTRALE : 367.

AMIENS : 280, 336.

An Arvor Vili, Finistère : 99.

Anchoine (? LA TREMBLADE) : 77

ANGOULINS : 13, 25, 62, 74, 78, 103.

plateau d' : 57.

Angoute (CHATELAILLON) : 36, 87, 91, 92, 93, 100, 131, 182, 216, 241, 253, 271, 276. 318, 386, 388, 408.

ANJOU : 42, 86.

ANTIOCHE (fosse d') : 51, 55, 57, 59, 63.

Aquitaine : 13, 17, 18, 43, 44.

ARCACHON : 184.

Pointe d'ARÇAY (LA FAUTE sur MER, Vendée) : 57, 93.

Arceau, chenal d' (SAINT PIERRE D'OLÉRON) : 113, 114, 190.

Arceaux, levée et canal, CIRÉ d'AUNIS : 133.

ARDILLIERES : 69, 132, 180.

pont d' : 271.

Arènes, marais des, (YVES) : 131, 132, 324.

ARMORIQUE : 310.

l'ARNOULT (riv.) : 39. 318, 356, 362.

Artouan, ile (ST-JUST-LUZAC) : 138, 143, 146, 187. 345, 365, 399.

ARVERT : 13, 14.
poudingues : 43.
presqu'ile : 31, 32, 33, 40, 77, 112, 113, 217, 79, 86, 87, 187, 218, 233, 238, 242. 365, 396, 399.

Asturonia, usine, TONNAY CHARENTE : 318.

Aubiers, cabane, YVES : 89, 91.

Les Auneaux, MARENNES : 223.

Aunis : 18, 23, 25, 30, 33, 36, 37, 49, 99, 123, 134, 140, 288, 360, 363, 388, 408, 417.
Promontoire de : 25.

AYTRÉ : 13, 25, 34, 114, 215.

BALLON : 78, 89, 130, 131, 249, 270, 410.

Bas-Champs, PICARDIE : 77, 89, 131.

Rocher des Basques : 57.

Basse-Roche, ST-LAURENT DE LA PRÉE; 100, 102, 412.

Basse-Terre, ROCHEFORT : 270.

Bassin Aquitain : 16, 25, 43.

«Bassin de Marennes Oléron» : 47, 49, 51, 53, 57, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 68, 114, 115, 243, 262, 282, 292.

Bassin de Paris : 30, 42, 43.

La Baudissière, DOLUS D'OLERON : 114, 115.

LA BAULE : 277.

BEAUGEAY : 43, 137, 168, 171, 173, 175, 207, 212, 224, 225, 263, 264, 279. 393, 401, 413.

La Beaune (ROCHEFORT) : 133.

Beauregard, ST-GEORGES D'OLERON : 113, 114.

BELGIQUE : 320.

Belle Espérance, YVES : 91, 93. 408.

Les noms de lieux-dits, en minuscules, sont suivis du nom de la commune, en majuscules.

Belle-Ile-en-Mer : 314.

Belleville, prise, ARDILLIERES : 180
chenal, MOEZE : 250.

Bellevue, Pointe de, ST-PIERRE D'OLERON :
57, 59, 113, 114, 115.

Bellevue ,HIERS - BROUAGE : 138, 140,
166, 168, 171, 198, 206, 207, 208,
222, 225, 243, 261, 262, 279.
357, 393, 394, 396, 401, 403.

Belmont, marais, ROYAN et ST-GEORGES
DE DIDONNE : 219, 238.

BENGLA-DESH : 327.

BENON : 363.

BERGEN : 18.

Bertru, chenal, HIERS-BROUAGE : 171.

Marais de Besselue, AYTRÉ : 34.

Biard, écluse, SAINT-HIPPOLYTE : 82.

Bien-Assis, SAINT-SORNIN : 222.

Bigue, chenal du, estran de BROUAGE :
103.

BLAYE : 40.

Blénac, course de, LA GRIPPERIE SAINT-
SYMPHORIEN : 261.

Bois d'Arlais, MURON : 178, 182, 252.
318, 319.

Le Bois Souchot, SAINT-AGNANT : 79, 81.

Bonne Anse : 217.

Bonemort, pointe, BOURCEFRANC : 110.
viaduc, LA ROCHELLE : 271.

BORDEAUX : 13, 125, 202.

Ile Bordeaux, MOEZE : 28, 43, 105, 108,
263.

BORDELAIS : 44.

Bossette, MURON : 270.

Les Boucholeurs, YVES : 27, 32, 87, 91, 92,
93, 95, 99, 100, 103.
406, 408.

Boule, chenal, entre BEAUGEAY et SAINT-
AGNANT : 173, 175.

BOURCEFRANC : 30, 51, 109, 126, 238,
257, 264, 345, 398, 401, 413.

Baie de Bourgneuf : 68, 383.

Bourg-Nouveau, SAINT-JEAN D'ANGLE :
38, 285.

Boutonne (riv) : 356, 363.

Boyardville, SAINT-GEORGES d'OLÉRON :
113, 114, 115.

Braguygnac, SAINT-JUST -LUZAC : 137.

Bréhec (Bretagne) : 314.

Bréjat, LES MATHES : 217, 238.

BREST : 236.

Bretagne : 99, 100.

Breton (Marais) : 238, 249.
357.

Breuil, bois, BREUILLET : 218.

BREUILLET : 217, 218
399.

LE BREUIL-MAGNÉ : 42, 43, 81, 89,
131, 133, 176, 180, 182, 183,
227, 270, 283, 294, 362.

BREZE, ETAULES : 79, 81, 82, 218,
399.

Banc de Bri : 398.

Anse des Bris (SAINT-TROJAN) : 238.

ILES BRITANNIQUES : 69.

BROUAGE :
anticlinal : 23, 31, 33, 34, 39,
43, 44.
baie (ou platin) : 49, 57, 59, 62,
64, 108, 115, 171, 242, 243, 253,
375, 363, 380, 393, 398, 399.
bassin : 55, 166, 184, 206, 227.
bray : 44, 313.
canal : 204, 212.
golfe : 23, 87, 171.

BROUAGE :
havre ou chenal : 44, 49, 53, 55,
84, 100, 102, 108, 109, 110, 123,
124, 129, 135, 137, 138, 141,
166, 167, 168, 171, 173, 175,189,
190, 194, 212, 224, 225, 243, 250,
253, 257, 261, 262, 263, 279.
345, 393.

BROUAGE :
marais de : 13, 14, 28, 29, 30, 33,
39, 41, 42, 43, 49, 51, 62, 79, 81,
84, 102, 103, 108, 109, 110, 119,
126, 129, 132, 134, 135, 137, 138,
139, 141, 143, 166, 167, 175, 176,
180, 182, 184, 189, 192, 193, 194,
197, 198, 200, 207, 212, 218, 222,
223, 224, 225, 226, 233, 236, 239,
240, 243, 248, 249, 250, 253, 257,
258, 261, 262, 263, 264, 287, 290,
292, 294.
314, 320, 345, 347, 356, 357, 359,
360, 362, 363, 390, 393, 394, 396,
398, 399, 401, 403, 404, 418, 419,
423, 424.

BROUAGE :
ville : 79, 85, 108, 123, 125, 126,
131, 134, 135, 137, 138, 140, 143,
168, 175, 176, 202, 208, 238, 239,
240, 243, 261, 264.
316, 318, 393, 396, 398, 401, 403,
413.

Broue, SAINT-SORNIN : 38, 39, 40, 42, 87, 141, 166, 168, 173, 175, 193, 207, 208, 223, 224. 399, 403.

Brûlé, marais, CIRÉ D'AUNIS : 183.

Bugée, chenal, NIEULLE sur SEUDRE : 187, 190, 222, 401.

Busson, île, MOEZE : 141, 263.

Buze (?) : 77.

Cabane Brûlée, marais, ANGOULINS : 34.

Cabane de l'Est, ST-LAURENT DE LA PRÉE : 228.

Cabane de la Groie, GENOUILLÉ : 282, 283, 314, 316, 319.

Cabane de l'Ouest, ST-LAURENT DE LA PRÉE : 228.

Cabane des Groies, TONNAY-CHARENTE : 270.

Cabane des Portes, ROCHEFORT : 270.

Cabane du Bout, prises, GENOUILLÉ : 179, 180.

Cabane du Rocher, MURON : 270.

Cabane Pourrie, TONNAY-CHARENTE : 270, 290, 318, 319.

Cabane Salée (HIERS-BROUAGE) : 124, 207.

CABARIOT : 261, 265, 266, 274.

Cadeuil, LE GUA : 29, 30, 137.

Le Cadoret, FOURAS : 30.

CAEN, Laboratoire de Géomorphologie du C.N.R.S. : 280.

Cagouillac, BOURCEFRANC : 112.

Canal de la Seudre à la Charente : 129, 166, 167, 202, 204, 261, 264, 362, 393, 396, 399, 401.

Cabane Carrée (ROCHEFORT) : cabane : 176, 182, 268, 270.

CATALOGNE : 270.

La Cayenne (HIERS-BROUAGE) : 108.

La Cayenne (MARENNES) : 60, 61, 236, 238, 398.

CAYEUX (Somme) : 113, 131.

La Cèpe, LA TREMBLADE : 112, 399.

Chaillé, ferme, LA TREMBLADE : 112.

CHAILLEVETTE : 40, 79, 217, 319.

Chalézac, CHAILLEVETTE : 79, 217, 218, 319.

La Challonnière, TONNAY-CHARENTE : 270.

Chalons, chenal, LE GUA : 264.

CHAMPAGNÉ LES MARAIS, Vendée : niveau de : 320.

Champservé le Bas, TONNAY-CHARENTE : 36, 37.

Les Chapelains, MURON : 180.

Le Chapus, BOURCEFRANC-LE-CHAPUS : 41, 51, 53, 55, 57, 59, 60, 61, 109, 110, 111, 115, 183, 202, 241, 243, 261, 274, 363.

Charente (riv) : 13, 14, 19, 30, 33, 34, 36, 43, 44, 51, 53, 55, 60, 61, 62, 68, 69, 87, 93, 100, 102, 115, 123, 133, 166, 171, 176, 178, 182, 184, 187, 225, 227, 233, 241, 248, 249, 250, 256, 257, 261, 264, 265, 266, 268, 270, 271, 274, 276, 278, 290, 291, 292, 294, 345, 349, 357, 363, 365, 372, 375, 377, 380, 381, 384, 390, 404, 408, 410, 412, 417, 419, 423.

Charles, chemin entre GENOUILLÉ et MURON : 77, 131, 176, 180, 270.

Charras, SAINT-LAURENT DE LA PRÉE : 78, 87, 176, 182, 183, 184, 216, 229, 241, 270, 271, 274, 275, 276, 278, 324, 359, 387.

canal de : 130, 406, 408, 410.

CHARRON, Vendée : 249.

Chartres, SAINT-LAURENT DE LA PRÉE : 78.

Chassiron, SAINT-DENIS D'OLÉRON : 32, 87, 113.

LE CHATEAU D'OLERON : 78, 113, 114, 223, 238, 243, 394, 399.

Chateauroux, TONNAY-CHARENTE : 36, 37, 78.

CHATELAILLON : 13, 25, 27, 32. 36, 55, 59, 63, 77, 83, 87, 90, 92, 103, 114, 123, 227, 241, 271, 276, 278, 289, 386, 388, 408.
oolithe de : 27, 89, 92.

Chatressac, CHAILLEVETTE : 120, 256, 265.

Les Chaudières, YVES : 95, 99.

Plateau de Chauveau : 55, 62, 63.

Pointe du Chay, ANGOULINS : 34, 51, 93.

Chenolette, NIEULLE sur SEUDRE : prise de : 222.

Fosse de Chevarache : 51, 53, 59.

CHIZÉ, forêt, (Deux-Sèvres) : 363.

Les Cinq Pierres, MURON : 132.

CIRÉ D'AUNIS : 79, 81, 131, 132, 180, 183.

Cisière, Grand, cabane, SAINT-JUST-LUZAC : 135, 279.

La Clisse (riv) : 40.

Le Clône : 51, 53, 55.

Coeur Volant, prises, HIERS-BROUAGE : 124, 137.

Coin de la Chevalerie, prise, le CHATEAU d'OLÉRON : 223.

Collants, MOEZE : 28, 81, 108.

CONGO-BRAZZAVILLE : 141.

Corderie (ROCHEFORT) : 274, 375.

Cordouan : 219, 238.

Le Cornard : 51, 57, 92.

La Cornerie, FOURAS : 95, 97, 99, 100.

La Cossonière, LUSSANT : 43.

Cote Neuve, prise, BOURCEFRANC-LE CHAPUS : 109.

COTENTIN : 44.

La Coubre, LES MATHES : 74, 217, 363, 399.

Basse Coudre, TONNAY-CHARENTE : 227, 241.

Coulonges, chenal entre BREUILLET et MORNAC sur SEUDRE : 187.

Coureau d'Oléron : 103, 115, 225, 292, 334, 383, 393, 398.

Coureau de La Pallice : 49, 51, 55, 59, 62, 63, 349.

Courtins, MURON :
levée : 131, 180, 251, 256.
sondage : 250, 270.

Coux, chenal, LA TREMBLADE : 265.

Craie, chenal, HIERS-BROUAGE : 135, 168, 171, 212, 224, 279.

CRAM-CHABAN : 74.

LE CROISIC : 125.

Croix des Galets, ile Madame, PORT DES BARQUES : 264.

La Culée, SAINT-LAURENT DE LA PRÉE 99.

DANEMARK : 197, 209.

Dardenne, chenal, BOURCEFRANC-LE CHAPUS : 109.

Le Dauphin, YVES :
ferme : 49, 87, 93, 97, 99, 100, 119, 184, 248, 258.
havre : 100.
chenal : 131, 183, 184, 228, 230, 250, 256.

Daurade , chenal de la, à l'ouest de MURON : 129, 132, 133, 180, 182, 229, 230, 294.

La Demi-Lieue (MOEZE) : 262, 413, 414.

Dercie, chenal, LE GUA : 189, 209, 264.

Devise, riv. : 180, 249.
voir Gère : 356.

Pointe du Digolet, NIEUL sur MER : 33.

Dirée, ARVERT : 217.

DOL, marais de, Bretagne : 131, 209, 425.

DOLLART, Allemagne, Pays-Bas : 257.

DORDOGNE, riv. : 13.

LES DOUX (rochers) : 114, 115.

Plateau des Duraignes : 51.

ECHILLAIS : 133.

Echinées, ilot, MOEZE : 263.

Les Écluses, BEAUGEAY : 279.
ROCHEFORT : 255.

Écorche-Boeuf, prise de l', NIEULLE SUR SEUDRE : 222.

L'ÉGUILLE : 40, 119, 143, 146, 187, 190, 220, 222, 238, 243, 264, 265, 274, 345, 399, 401.

Ehi - Atrou, Tchad : 141.

Embellie, baie de l', LA TREMBLADE : 112.

Epée, prise, HIERS-BROUAGE : 135,167.
taillée : 198, 237.

Épine, chenal de l' HIERS-BROUAGE : 129, 167, 175, 207, 261, 264.

Les Épinettes, TONNAY-CHARENTE : 37.

Erablais, HIERS-BROUAGE : 38, 39, 40, 42, 141, 143, 167, 202.

Erra, BOURCEFRANC-LE-CHAPUS : 28, 109, 110, 115.
(on écrit aussi Ile ou Rocher Daire).

Pointe Saint-Clément, ESNANDES : 25.

Espagnole, pointe, LA TREMBLADE : 111, 112.
(ou Pointe d'Arvert).

L'Estrée, banc de : 57, 103.
rigane de : 103.

ETATS-UNIS : 334

ETAULES : 43, 79, 81, 399.

Étourneaux, chenal des, SAINT-JEAN D'ANGLE : 135, 175, 225.

Fagnards, prise, HIERS-BROUAGE : 238.

Faou, anse du, Bretagne : 171.

Les Faux, chenal, MARENNES : 190,222.

La Favolière, GENOUILLÉ : 255, 270.

La Faye du Bois ou le Feu de Bois, FOURAS : 95, 99.

Le Fief, L'EGUILLE : 146.

Fief Caillebit, LA ROCHELLE - AYTRÉ : 233.

Flay, CIRÉ D'AUNIS : 27, 36, 42, 133, 176, 180, 184, 212, 247, 248, 270, 271, 362.

Les Fontaines (SAINT-AGNANT) : 37, 263, 324.

Les Fontaines (YVES) : 87, 89, 90, 91, 93, 100, 114, 123, 184, 388, 407, 408, 414.

Fontbedeau, chenal, SAINT-SULPICE DE ROYAN : 187, 190.

La Fondelay, THAIRÉ : 388, 408.

Fontdouce, LANDRAIS : 25.

Fontpourry, SAINT-NAZAIRE SUR CHARENTE : 187.

Font Renaud, PORT DES BARQUES : 103.

Les Forges, TONNAY-CHARENTE : 180, 270.

Fort Boyard : 49, 51, 236, 334, 383.

Fort d'Enet : 236.

Fort du Peu, PORT DES BARQUES : 103.

Fort Lapointe ou fort Vasoux, FOURAS : 102, 261, 266, 268.

Fosse aux Mats de l'Ilôt, PORT DES BARQUES : 100, 102.

Fougerolle, SAINT-CRÉPIN : 131, 150, 227, 249, 255, 270.

Le Four du Diable, SOUBISE : 34.

FOURAS : 28, 44, 55, 74, 75, 93, 95, 97, 100, 102, 118, 133, 150, 216, 261, 349.

marais de : 130, 131, 132, 134, 228, 250, 256, 257, 324, 387, 407, 408, 410, 412, 423.

Les Fours, SAINT-JEAN D'ANGLE : 42.

LA FREDIERE : 42.

Frênes, Levée des, entre YVES et SAINT-LAURENT : 130, 131.

canal de la levée des : 250, 387.
cabane : 290.

Fromentine, Vendée : 375, 380, 383.

FUCINO, Italie, siège de Telespazio : 342.

Pointe de la Fumée, FOURAS : 36, 49.

GABON, riv : 285.

Les Gagneries, SAINT-LAURENT DE LA PRÉE : 132, 412.

Galon d'Or, Pointe, LA TREMBLADE : 112, 114.

Le Gardour, dunes, LA TREMBLADE : 49.

Garenton, chenal, NIEULLE SUR SEUDRE : 222.

Garonne, riv : 13, 40, 69.

Garrigue, chenal de la : 59, 61, 111, 112.

Gatseau, pointe de, SAINT-TROJAN : 60, 111, 238, 399.

Gauterelle, plage, SAINT-GEORGES D'OLERON : 113.

Gémeux, HIERS-BROUAGE : 135, 171, 222, 223, 225.

GEMOZAC, anticlinal de : 34.

GENOUILLÉ : 13, 36, 118, 131, 134, 212, 227, 256, 270, 282, 283, 294.

GENT : 18.

La Gère, riv : 37, 81, 89, 129, 132, 150, 180, 182, 184, 249, 270, 271, 294, 356, 359, 363.

GIRONDE : 13, 16, 17, 18, 25, 31, 43,44, 53, 87, 115, 218, 219, 290, 292, 320, 363, 365.

Goeland, chenal, SAINT-JUST-LUZAC : 129.

Goelette, banc : 398.

GOLFE NORMAND-BRETON : 68.

Gouillas, SAINT-JEAN D'ANGLE : 140.

Grand Chenal de Saint-Fort, SAINT-JEAN D'ANGLE : 173.

Grand Cimetière, Prise du, MOEZE : 103, 108, 137, 175.

Grand Garçon, MOEZE :
chenal : 171.
prise : 108, 109, 137, 143, 225.

Grand Moindreau, BREUIL MAGNÉ : 282.

Grand Village, LE CHATEAU D'OLÉRON : 111.

Grande Brière : 277.

Grande Cabane, ARDILLIERES : 180.

Grande Doue, prise, LE GUA : 120.

GRANDE VASIERE : 49.

Les Gravats, prise, SAINT-JUST—LUZAC : 140.

Pointe de Grave : 60, 238, 363.

Grenelles, MOEZE : 263.

Grèves, LOIRÉ les MARAIS : 290.

LA GRIPPERIE SAINT-SYMPHORIEN 29, 39, 42, 413.

La Grollière, SOUBISE : 380.

Grouin du Cou, banc : 59.

LE GUA : 135.

Le Gué Charrau, entre MURON et LANDRAIS : 37, 38, 81, 150, 256, 270.

GUYANE : 124.

Haute Roche, SAINT-LAURENT DE LA PRÉE : 81, 100, 102.

HIERS : 30, 108, 124, 135, 138, 141, 173, 175, 207, 396.

HIERS-BROUAGE : 127, 135, 138, 141, 143, 198, 206, 224, 225, 261, 264, 345, 357, 393, 396, 401.

Hippodrome de CHATELAILLON : 276.

L'Houmée, SAINT-LAURENT : 75, 227.

L'Houmée, pont, LA VALLÉE : 268, 274.

Hôpital Maritime, sondage, ROCHEFORT : 27.

L'HOUMEAU : 33.

Hyvraie (ou Ivraie), SAINT-CRÉPIN : 89.

Ikoy , riv : 285.

L'Ileau, CIRÉ D'AUNIS : 79, 89, 183, 184.

Mer d'Iroise : 55.

Jade, baie, Allemagne : 57

JAPURA, riv, Brésil : 192.

LA JARRIE : 78.

JUICQ : 42.

Ile Jaulin, GENOUILLÉ : 89.

Jonchère, SAINT-JEAN D'ANGLE : 263, 281, 285, 287, 310, 318.

JONZAC, anticlinal de : 23, 33, 34. (voir aussi Gemozac, Brouage, Saintonge).

JOURDAIN, riv, Israël : 175.

Juzenne, canal de, MOEZE : 105, 108.

Banc Lamouroux : 51, 55, 57, 59, 61, 63, 114, 115, 398.

La Lance, ile, BREUIL-MAGNÉ : 27, 89, 133, 183, 184, 283.

La Lande, bois, BOURCEFRANC : 110

Les Landes, bois, BOURCEFRANC : 264.

Les Landes, ruines, LES MATHES : 218.

LANDRAIS : 25, 36.

La Pallice, LA ROCHELLE : 25, 60, 236, 238, 241, 319, 349. (voir aussi La Rochelle).

Laubonière, FOURAS : 37, 38, 101. (on écrit aussi l'Aubonière).

La Levée, FOURAS : 100.

Les Lauriers, SOUBISE : 34.

Lauzières, NIEUL-sur-Mer : 25, 33, 34, 55.

Plateau du Lavardin : 55.

LAY, riv, Vendée : 51, 55.

Lillard, GENOUILLÉ : 255, 270.

Le Liman, au sud de l'EGUILLE : 40.

LIMOUSIN : 43, 44.

Lindron, chenal entre MARENNES et SAINT-JUST–LUZAC : 129, 187.

Liron, BREUIL-MAGNÉ : 87, 89, 133, 182, 183, 184, 227, 257, 270, 271, 283.

Loc'h de Landevennec, Finistère : 95.

La Loge, prise, NIEULLE-sur-SEUDRE : 189.

Loin du Bruit, SAINT-VIVIEN : 25, 216, 271, 276.

LOIRE, riv. : 13, 17, 18, 115.

LOIRÉ les MARAIS : 79, 126, 132, 133, 180, 182, 183, 229, 247, 290, 359.

LOIX : 53.

Longe de Boyard : 53, 55, 64.

Longchamps, prise de, NIEULLE-sur-SEUDRE : 146, 189, 222.

Les Longées, banc, S.W. PORT DES BARQUES : 113.

levée, à MURON : 180.

Lorange, SOUBISE : 34, 265. (L'Orange au XIXe, cf. p. 34).

Loubresse, MOEZE : 173, 175, 223, 250, 413, 414.

LOUISIANE : 327.

LUÇON, plaine, Vendée : 345.

Ludène, LOIRÉ LES MARAIS : 42, 79, 81, 227, 229, 230, 248, 270, 362.
corridor : 176, 180.

Luez, GENOUILLÉ : 256, 282, 287, 290, 294, 314, 316, 319, 324.

Lupin, SAINT-NAZAIRE SUR CHARENTE :
cordon : 100, 258, 318.
fontaine : 102.
prée de : 133, 187.
ile : 167, 187, 266, 359, 377.
Fort : 265.
marais : 403, 410, 419.

LUSSANT : 43.

LUZAC : 14, 129, 137, 187, 190, 365, 401. (voir Saint-Just– Luzac).

Ile Madame, PORT DES BARQUES : 30, 102, 115, 176, 187, 264, 359, 381.

Le Magnou, FOURAS : 29, 97, 99.

Malaigre, SAINT-JEAN D'ANGLE : 28, 29 42, 86, 108, 140. 143, 167, 171, 173, 175, 225, 253, 257, 263, 396, 399, 401.

Malaise, MOEZE : 108.

Maleconche, Anse, SAINT-GEORGES D'OLÉRON : 113, 114.

Malentrait, chenal, SAINT JEAN D'ANGLE : 135, 171, 173.

Les Mannes, W d'YVES : 41.

Manoufle, MURON : 130.

Manson, Pointe, SAINT-TROJAN : 57, 394.

Marais Breton : 89, 345.

Marais du Roy, CIRÉ D'AUNIS : 99, 180, 183.

Marais Neuf, prise, MURON : 180.

Marais Perdu, LA ROCHELLE : 256, 274, 276.

Marais Plat, MURON : 129, 180.

MARANS : 74, 248.

Marcou, seuil de, CIRÉ D'AUNIS : 176.

Mare à l'Abbesse (La Pallice) : 25.

MARENNES : 36, 39, 41, 53, 112, 123, 126, 129, 135, 143, 175, 187, 207, 212, 222, 236, 238, 261, 264, 266, 274, 357, 363, 365, 375, 393, 394, 396, 398, 399, 401, 403.

MARENNES, Baie : 49, 64, 349.
Plage : 112, 114, 265.

MAROC : 69.

Le Marouillet, YVES : 27, 37, 49, 87, 89, 90, 91, 92, 93, 95, 100, 113, 134, 184, 216, 227, 249, 253, 271, 386, 407, 408.

Havre du — : 91, 100.

MARQUENTERRE : 125.

MARSEILLE : 198, 202, 237, 319.

MARSILLY : 25.

Marteau, Ile, SAINT-JUST — LUZAC : 202, 224, 225.

Martrou, ECHILLAIS : 34, 82, 265, 266, 274.

MASSIF ARMORICAIN : 45.

LES MATHES : 79, 87, 217, 218, 318, 399.

Mattes, banc, (S. Maumusson) : 111.

Matton, HIERS-BROUAGE : 137, 225.

Maubec, LA ROCHELLE : 271.

Les MAUGES : 44.

Melounes, Tournant des, GENOUILLÉ : 179.

Mer du Nord : 427.

Mérignac, chenal, entre HIERS-BROUAGE et MARENNES : 55, 109, 129, 141, 168, 175, 202, 207, 223, 240.

Meule, banc : 51.

La Miardière, TONNAY-CHARENTE : 36.

MICHIGAN : 327.

Mille Écus, chenal et cabane, SAINT JEAN D'ANGLE : 171.

Minaude, GENOUILLÉ : 179, 180.

La Mingolière, SOUBISE : 42.

Pointe des Minimes, LA ROCHELLE : 34.

MISSISSIPPI, riv .: 327.

MOEZE : 28, 55, 105, 108, 115, 131, 135, 138, 171, 173, 225, 253, 261, 262, 263, 357, 393, 413, 414, 419.

Moins, BREUIL-MAGNÉ : 87, 89, 410.

Mondormi, cabane, SAINT-JEAN D'ANGLE : 168.

Monportail, SAINT-NAZAIRE SUR CHARENTE (PORT DES BARQUES) : 61, 103, 110, 115, 261, 359, 375, 386, 414.

Montmelian (? à l'W. d'YVES) : 77.

Mont Saint-Michel, baie du : 89.

Montierneuf, SAINT-AGNANT : 129.

MORAGNE, La Béchette : 31.

MORAGNE : 30, 31, 42, 43, 423.

La Morelière, SAINT-DENIS D'OLERON : 32, 33, 44.

MORNAC sur SEUDRE : 30, 40, 187, 394.

Mornay, Prise, MOEZE : 108.

Les Mothais, CHAMPAGNÉ LES MARAIS, Vendée : 183.

Mouillepieds, canal, au N. d'YVES : 81, 388.

Moulin du Port, canal, SAINT-AGNANT : 173.

Moulinette, LA ROCHELLE :
chenal : 233, 241.
marais : voir Tasdon-la Moulinette.

La Mourière, TONNAY-CHARENTE : 43.

MURON : 13, 36, 74, 75, 79, 81, 87, 89, 127, 129, 130, 131, 132, 134, 150, 176, 178, 189, 218, 229, 247, 248, 249, 250, 251, 253, 254, 256, 259, 268, 270, 290, 292, 294, 360, 393.

Mus de Loup, pointe, LA TREMBLADE : 41, 112.

Négade, pointe, Gironde : 10.

Nancras, BOURCEFRANC-LE-CHAPUS :
prise : 264, 110.
cordon : 318.

NANTES : 13, 336.

Les Nauleries, FOURAS : 100

NIEUL sur MER : 34.

NIEULLE sur SEUDRE : 120, 146, 189, 222, 345, 365, 401.

NIORT : 150, 342.

Nodes, BOURCEFRANC-LE-CHAPUS : 110, 124, 126, 263.

Noirmoutier (Gois de) : 62, 183.

Nôle, ile, BOURCEFRANC : 112.

Nolon, GENOUILLÉ : 36, 37, 180, 270

NORMANDIE : 42.

Noues, prise, NIEULLE-sur-SEUDRE : 189.

LES NOUILLERS : 33, 36, 360.

L'Oasis, YVES : 91, 99, 271.

Ile d'Oléron : 13, 14, 28, 32, 34, 41, 49, 51, 53, 55, 57, 61, 68, 77, 87, 111, 112, 134, 137, 143, 223, 363, 365, 383, 398, 423.
marais d' : 55, 222, 238, 357, 359.

Oléron, Coureau d' : 51, 53, 55, 57, 59, 60, 63, 64.

Ors, LE CHATEAU D'OLERON : 51, 53, 78, 112, 113, 238, 239, 319.

ORSAY : 280, 282, 286.

Ouessant : 51.

La Paillerie, chenal, HIERS-BROUAGE : 171, 193, 218.

Les Palles, rochers NW Ile Madame : 33, 57, 115, 381.

La Parpagnole, Pointe, SAINT-LAURENT DE LA PRÉE : 102, 187, 375, 377, 380, 384, 386, 412, 419.

Les Parpaings, entre CIRÉ d'AUNIS et BREUIL-MAGNÉ : 133, 180, 183.

Le Passage, THAIRÉ : 134.

Passe aux Boeufs, PORT DES BARQUES : 381.

Passe Commune, canal entre ETAULES et SAINT-AUGUSTIN : 217, 218.

Payré, pointe, Vendée : 16, 49, 363.

PAYS-BAS : 18, 197, 209, 320

PAYS DE BRAY : 159.

Pélard, chenal entre NIEULLE sur SEUDRE ET LE GUA : 119, 187, 222, 365, 394, 401.

Pelle Rouge, sur le canal de Charras, à BALLON : 183.

Les Penardes, SAINT-LAURENT : 132, 184, 187, 390, 412.

La Perchonnerie, PORT DES BARQUES : 103.

LE PÉRÉ, Vendée : 89.

PERIGNY : 230, 231.

La Perrière, SAINT-LAURENT DE LA PRÉE : 75, 250, 253, 254, 256.

La Perroche, DOLUS D'OLERON : 318.

La Perrotine, SAINT-PIERRE D'OLÉRON : 190, 243.

La Vieille Perrotine, SAINT-PIERRE D'OLÉRON : 113, 114.

Pertuis d'Antioche, entre Ré et Oléron : 13, 49, 51, 53, 55, 57, 59, 62, 68, 99, 113, 292, 349, 365, 383.

Pertuis Breton, entre Ré et Vendée : 49, 53, 57, 59, 62, 68, 349.

Pertuis de Maumusson, entre Oleron et Arvert : 13, 49, 51, 59, 60, 61, 63, 64, 68, 77 87, 110, 111, 112, 114, 115, 349,365, 383, 398.

Mer des Pertuis : 13, 16, 23, 47, 49, 50, 53, 55, 57, 59, 60, 61, 63, 64, 68, 93, 95, 110, 114, 243, 274, 291. 316, 320, 322, 349, 352, 357, 363, 366, 375, 380, 381, 383, 415, 423, 424, 425.

La Petite Aiguille, THAIRÉ : 79, 81, 82, 256, 277, 290, 319.

Petite Cabane Neuve, MURON : 132.

Petite Flandre, marais, MURON : 118, 129, 130, 132, 150, 176, 180, 255.

Les Petites Grèves, CIRÉ D'AUNIS : 79, 81, 82.

Le Petit Fourchis, MURON : 75, 82.

Peu Breton, E Ile de Ré : 51.

Peurot, pont, SAINT-JEAN D'ANGLE : 223.

Pibles, chenal, SAINT-JUST—LUZAC : 225.

PICARDIE : 113, 354, 356, 366.

Piédemont, PORT DES BARQUES : 30, 34, 57, 81, 102, 103, 114, 115, 289, 319.

Pierre Menue, PORT DES BARQUES : 100, 102.

Plaisance, SAINT-FROULT : 57, 102, 105, 108, 123, 141, 318, 345.
(voir aussi Sables de Plaisance).

La Planche, prés, SAINT-NAZAIRE SUR CHARENTE : 187.

La Platière, YVES : 87, 89, 90, 253, 256, 258, 290.

Plordonnier, MORNAC-sur-SEUDRE : 87, 426.

Pointe du Plomb, NIEUL-sur-Mer : 33, 34, 62.

Pointe Sans Fin, SAINT-NAZAIRE SUR CHARENTE : 102, 133, 184, 372, 375, 377, 380, 384, 390, 412.

MARAIS Poitevin : 13, 14, 18, 25, 33, 73, 115, 134, 150, 178, 183, 202, 236, 238, 246, 247, 249, 252, 256, 257, 289, 290, 291, 320, 345, 357, 359, 363, 415.

POITIERS : 43, 336.

POITOU : 17, 43, 44, 86, 123.

PONS : 40.

Pont de la Bergère, SAINT-JUST — LUZAC : 202.

Pont de la Roberte, entre SAINT-AGNANT et SAINT-JEAN D'ANGLE : 262.

Pont des Groies, TONNAY-CHARENTE : 36, 131.

Pont d'Un Denier, entre HIERS-BROUAGE et MARENNES : 264.

PONT-L'ABBÉ d'ARNOULT : 40.

Le Port, SAINT-TROJAN : 112.
prise, NIEULLE-sur-SEUDRE : 189.

Port à l'Anglais, LOIRE LES MARAIS : 290.

PORT DES BARQUES : 34, 87, 100, 102, 103, 187, 241, 393.

Port des Moines, chenal, SAINT-JUST–LUZAC : 129, 225.

Porte Bégon, ROCHEFORT : 23, 27.

PORTUGAL : 69.

Les Portes d'Yves, YVES : 91, 92, 93, 100, 216.

Port Paradis, NIEULLE sur SEUDRE : 120.

Portpunay, CHATELAILLON : 91.

La Potane, BOURCEFRANC-LE-CHAPUS : 110.

Pousseau, marais, ROYAN : 219, 238.

Prat, Pont , TONNAY-CHARENTE : 270.

Préau , banc:, N. Ré : 51.

La Prée, SAINT-SORNIN : 129.

La Prée, chenal, entre SAINT-AGNANT et BEAUGEAY : 171, 175.

La Prée d'Yves, YVES : 97.

Prés-Fourgon, YVES :
canal : 250, 271.
chenal : 250.
marais : 256.

Pressait, «sartière», HIERS-BROUAGE : 137.

Prise à Maillard, NIEULLE sur SEUDRE : 120, 146, 222.

PROVENCE : 355.

Putet, canal, LA TREMBLADE : 86.

Le Quadoré, MOEZE : 108.

Les Quarante Journaux, SAINT-NAZAIRE SUR CHARENTE : 187, 312.

Pointe du Ras, BEAUGEAY : 87, 108, 253, 263.

Ile de RÉ , 13, 14, 49, 51, 53, 55, 57, 59, 68, 74, 93, 99, 134, 349, 359, 365, 423.

Recoulaine, chenal, entre SAINT-JUST – LUZAC et NIEULLE sur MER : 129,146, 187, 222, 365, 401.

La Repentie, structure de, LA ROCHELLE : 23, 25, 33, 53, 360.

La Renaissance, ECHILLAIS : 266.

Reux, chenal, entre HIERS-BROUAGE et SAINT-JUST – LUZAC : 129, 171.

Rhône, SAINT-HIPPOLYTE : 184, 225.

Le Rivolet, riv, CORME ROYAL : 40.

LA ROCHELLE : 13, 14, 25, 32, 33, 44, 47, 53, 59, 62, 63, 68, 69, 72, 74, 83, 85, 90, 93, 99, 114, 124, 125, 198, 202, 216, 230, 236, 237, 256, 261, 264, 270, 271, 274, 276, 278, 319, 342, 344, 347, 349, 375, 380, 404, 408, 410, 414, 426.

voir aussi La Pallice.

ROCHEFORT :

bassin de : 36, 42, 55, 89, 118, 134, 180, 182, 206, 227, 228,240, 241, 242, 290, 292.
canal de : 183.
marais de : 13, 14, 25, 27, 28, 33, 36, 42, 51, 75, 78, 79, 81, 87, 93, 100, 110, 126, 129, 131, 150, 166, 167, 184, 189, 190, 194, 201, 207, 216, 247, 248, 249, 252, 253, 254, 256, 257, 258, 259, 260, 271, 275, 287, 290, 292, 294, 314, 320, 322, 345, 357, 359, 363, 414.
ville : 13, 30, 33, 36, 37, 42, 43, 59, 69, 73, 81, 82, 85, 99, 119, 125, 130, 133, 176, 180, 216, 225, 227, 230, 241, 246, 250, 251, 261, 265, 268, 270, 271, 274, 275, 276, 278, 290, 292, 294, 324, 342, 361, 362, 372, 375, 380, 390, 408, 412.

Le Rocha, banc, E. LOIX : 62.

Rocher d'Ade, W du Chapus : 51, 55.

Rochers de La Plante, FOURAS : 30.

Le Rocher d'Yves, YVES : 27, 28, 42, 43, 89, 90, 91, 93, 95, 99, 99, 114, 182, 183, 216, 250.

Rochebonne, en mer : 14, 87.

Roitre des Bassets, dune, LA TREMBLADE : 111.

Pointe de Roux, AYTRÉ : 34.

Ronce les BAINS, LA TREMBLADE : 59, 111, 112, 222, 265, 399.

Baie de Ronce, entre Oléron, Arvert, Le Chapus : 49, 51, 59, 60, 61, 110, 111, 112, 115, 398.

LA RONDE : 74.

ROYAN : 13, 14, 41, 43, 53, 74, 86, 217, 219, 220, 238, 342, 344.

Sablanceaux, RIVEDOUX-PLAGE : 64.

Sableaux, canal, YVES : 408.

Sables, chenal, BEAUGEAY : 171.

Sables, cabane, YVES : 91.

Les Sables de Plaisance, SAINT-FROULT : 103, 105, 108, 173, 377, 380.

LES SABLES D'OLONNE, Vendée : 51, 53.

SALLES sur MER : 25.

SAINTES : 30, 43, 109, 198, 202, 274, 292.

SAINT-AGNANT : 34, 86, 125, 129, 135, 141, 143, 166, 167, 171, 173, 175, 198, 200, 225, 246, 257, 264, 320, 394, 413.

SAINT-ANDRÉ de LIDON : 41.

SAINT-AUGUSTIN : 14, 79, 81, 86, 120, 189, 217, 218, 220, 222, 399.

Saint Clément, pont, CABARIOT : 274.

SAINT-CLÉMENT des BALEINES : 74.

SAINT-CRÉPIN : 81, 212, 249.

Saint Fort, SAINT-JEAN D'ANGLE : 28, 137, 140, 166, 171, 173, 263, 264.

SAINT-FROULT : 28, 43, 103, 105, 108, 127, 135, 375, 377, 384, 386.

SAINT-GEORGES DE DIDONNE : 238.

SAINT-GEORGES D'OLÉRON : 318.

Saint-Germain, SAINT-VIVIEN : 407.

SAINT-HIPPOLYTE : 133, 187, 265.

SAINT-JEAN D'ANGLE : 38, 42, 74, 76, 138, 141, 168, 171, 212, 224, 225, 253, 257, 263, 279, 281, 282, 285, 286, 290, 294, 312, 315, 316, 318, 319, 320.

SAINT-JUST : 28, 40, 108, 129, 137, 138,

(SAINT-JUST LUZAC) 140, 141, 202, 212, 222, 223, 224, 225, 279, 399, 419.

Saint-Laurent — Fouras, île, FOURAS et SAINT-LAURENT DE LA PRÉE : 27, 87, 89, 132, 183, 184, 216, 227, 228, 250, 271, 276.

SAINT-LAURENT DE LA PRÉE : 42, 73, 74, 75, 78, 87, 97, 100, 102, 126, 127, 130, 132, 184, 187, 225, 228, 247, 266, 271, 290, 375, 377, 380, 384, 386, 390, 404, 412.

Saint-Louis, MURON :

marais : 132, 290, 324.
cabane : 176, 180.
chenal : 180, 184, 189, 230, 252, 292.

SAINT-MARTIN de RÉ : 74, 236.

SAINT-NAZAIRE SUR CHARENTE : 103, 105, 133, 182, 184, 194, 258, 261, 268, 372.

SAINT-PIERRE D'OLÉRON : 36.

SAINT-SATURNIN : 25.

SAINT-SAVINIEN : 55, 265, 270.

SAINT-SORNIN : 39, 137, 225, 399, 401.

Saint-Symphorien, LA GRIPPERIE - SAINT SYMPHORIEN : 38, 137, 394.

SAINT-TROJAN : 53, 55, 74, 111, 112, 113, 238.

SAINTONGE : 18, 23, 30, 31, 33, 40, 45, 51, 80, 99, 123, 137, 140, 141, 360, 363, 417.

Sartière de la Bordelinière, LE CHATEAU D'OLÉRON : 223, 239.

SAUJON : 30, 41, 74, 187, 189, 243, 264, 274, 342, 361.

Saumonards, SAINT-GEORGES D'OLÉRON : 47, 49, 113, 114, 115, 349, 383.

Sauvaget, cabane, HIERS-BROUAGE : 171.

La Sauzaie, SOUBISE : 78.

La Sauzaie, FOURAS : 99.

Sauzelle, SAINT-GEORGES D'OLÉRON :190.

Sècheboue, marais, CHATELAILLON : 216.

Seudre, riv : 13, 14, 30, 31, 32, 38, 40, 41, 43, 49, 53, 55, 84, 87, 111, 112, 119, 120, 123, 129, 134, 135, 137, 138, 139, 141, 143, 146, 168, 171, 187, 189, 190, 192, 194, 202, 209, 210, 217, 220, 222, 225, 227, 238, 243, 264, 265, 274, 320, 324, 345, 347, 352, 359, 363, 365, 391, 393, 394, 396, 398, 399, 401, 425, 426.

Seugne, riv : 40.

Sèvre Niortaise, riv : 51, 53, 55, 123, 236.

Sillon, cabane, BEAUGEAY : 173, 193.

La Sinœaudière, BOURCEFRANC-LE - CHAPUS : 110, 264.

Pointe de Souche, BOURCEFRANC-LE CHAPUS : 53, 55.

SKALLING, Danemark : 18

SOLIMOES, riv, Brésil : 192.

BAIE DE SOMME : 184, 310.

SOUBISE : 34, 42, 78, 102, 375.

Souhe, LE GUA : 30, 146, 187, 264, 365, 396.

Soumard, FOURAS : 30, 87, 100, 102, 133, 225, 258, 263, 274, 318, 319, 320, 384.

Soumoran, CIRÉ D'AUNIS : 27, 36, 89, 133, 182, 183, 184, 270.

Suze, chenal entre CIRÉ, BALLON, YVES et BREUIL MAGNÉ — SAINT-LAURENT : 131, 180, 182, 183, 184, 254, 256, 290, 388, 408, 410.

Taillée du Grand Port, BEAUGEAY : 253.

Talbert, sillon du, BRETAGNE : 93, 108.

Le Talut, SAINT-SORNIN : 29, 39.

Les Tannes, MOEZE : 103, 119, 393, 396.

La Tanne Ronde, MOEZE : 263.

Tapis Vert, prises, HIERS-BROUAGE : 137, 225, 238, 413

Tasdon - La Moulinette, marais de, LA ROCHELLE-AYTRÉ : 230, 231, 233, 236, 241, 242, 271.
(voir aussi La Moulinette)

Taupignac, moulin, BREUILLET : 219

Terre Noire, SAINT-LAURENT DE LA PRÉE : 100.

Terrier-Mouné, YVES : 90, 93, 100, 258.

THAIRÉ : 79, 131, 249, 271, 408.

LE THOU : 36.

Tirançon, chenal, HIERS-BROUAGE : 171, 212.

La Tirée, YVES : 87, 91, 93

Toriat, SAINT-SORNIN : 129.

La Torse, platins de, prés à HIERS - BROUAGE : 167, 393.

Touchelonge, SAINT-LAURENT DE LA PRÉE : 43.

Treize-Oeufs, MURON : 79, 81, 270.

Treize Prises, canal, MORAGNE, TONNAY-CHARENTE : 131.

Treize Prises, SAINT-JEAN D'ANGLE : 140.

TONNAY-CHARENTE : 36, 37, 42, 78, 81, 82, 119, 127, 130, 131, 176, 182, 212, 227, 229, 241, 247, 251, 255, 256,265, 266, 268, 270, 276, 290, 294, 359.

TOURAINE : 30.

TREGOR : 114.

LA TREMBLADE : 73, 74, 75, 84, 86, 111, 112, 120, 217, 220, 236, 238, 243, 265, 274, 393, 398, 399, 401, 403.

TRIZAY : 318, 319.

Les Trois-Canons, YVES : 184.

Trompe Sot, banc de, en baie de Ronce : 53.

Les Tublats, HIERS-BROUAGE : 225.

La Tublerie, BALLON : 249, 410.

La Vacherie, ROCHEFORT : 241.

VALENCE, Espagne : 362.

Pointe de Vallières, ROYAN : 31, 33, 43.

VANDRÉ : 270.

Vasière Ouest-Gironde : 292, 294.

Vendée : 42, 44, 178, 236.

Le Verger du Sud, CIRÉ D'AUNIS : 27.

LE VERGEROUX : 100, 236, 241, 270, 276, 278, 419.

VERINES : 36, 37.

Les Verneuils, GENOUILLÉ :
cabane : 180
chenal : 180, 184, 189.

La Viaude, YVES : 89.

Vide-Bouteille, BREUIL-MAGNÉ : 257, 282, 287, 294.

VIET NAM : 327.

Le Vigneau, YVES : 91, 93, 99.

Vilaine, riv , Bretagne : 238.
marais : 316.

Villeneuve, SAINT-AGNANT : 198.

Villeneuve des Salines, LA ROCHELLE : 25, 230, 261, 271, 274, 288.
voir aussi la Moulinette,
Tasdon la Moulinette, marais de

Voutron, YVES : 13, 37, 81, 87, 89, 90, 91, 93, 95, 118, 131, 134, 150, 176, 182, 184, 216, 227, 229, 249, 250, 253, 254, 256, 258, 270, 271, 276, 290, 292, 386, 387, 388, 404, 408, 410, 412, 419.

Mer des Wadden, Pays-Bas : 51.

WAGENINGEN, Pays-Bas : 18, 197.

WISSANT, Pas-de-Calais : 102.

YVES : 13, 28, 37, 62, 63, 64, 75, 79, 84, 87, 91, 95, 97, 99, 100, 126, 127, 130, 131, 132, 134, 184, 216, 227, 241, 251, 254, 256, 258, 261, 268, 271, 290, 349, 359, 386, 387, 388, 394, 406, 408, 410, 412, 414, 417.

INDEX des MATIERES

Les thèmes ayant un rapport avec la *télédétection sont indiqués en italique,* les autres thèmes en caractères droits.

Abies (Sapin). — 300, 302, 311.

Activité humaine. — 119, 123, 147, 162, 166, 169, 189, 194, 233, 242, 258, 260, 302, 303, 308, 316, 320, 323, 413, 414, 417, 422, 424.

Aire saunante. — 118, 119, 120, 137, 138, 140, 141, 143.

Altitudes. — 86, 100, 155, 178, 180, 183, 197 - 243, 279.

Altitudes pondérées. — 213 - 216, 222.

Altitudes moyennes. — 197 - 243.

Alnus (Aulne). — 299, 302, 303, 305, 308, 310, 386.

Aménagement. — 180, 261, 323, 324, 327,415, 417, 419, 420, 425, 426, 428, 430.

Analogique. — 341, 354,-368.

Analyse des correspondances. — 285, 286, 287, 322.

Analyses d'argiles. —
- — minéraux. — 288 - 294, 314, 315, 323.
- — géotechniques. — 274 -279, 315, 323.
- — granulométriques. — 280 - 289, 314, 315, 323.

Analyse de systèmes. — voir approche systémique, géographie physique.

Analyse granulométrique. — 55, 59, 77, 280, 289, 301, 302, 310, 315, 322, 323.

Analyse pollinique. — 295, 312, 322, 323. (voir palynologie)

Anatase. — 31.

Andalousite. — 31.

Anticlinal. — voir bombement anticlinal.

Approche systémique. — 115, 386, 424, 430.

Arborescent (dendritique). — 184.

Arbre hiérarchique. — 285.

Archéologie. — 77, 78, 82, 90, 330.

Archéologie du paysage. — 137 -143, 175.

Argiles à silex, ou bief à silex, ou formations à silex, ou sables à silex. — 30, 31, 99.

Argiles de décalcification. — 30, 31, 32, 43.

Artenac (civilisation d'). — 103.

Assistance. — 370, 396, 404.
- — géographique. — 370, 384, 390, 396, 404.
- — spectrale. — 370, 390, 393, 404.
- — taxonomique. — 370, 372, 377, 384, 390, 398, 404.
- — pré-assistance. — 370, 372, 377, 384, 390, 393, 396, 398, 403, 404, 413.
- — post-assistance. — 370, 403.

Atlantique (période). — 296, 299, 300, 302, 303, 311, 314, 315, 317. 322. 425.

Atmosphère. — 47, 49, 68, 69, 328, 330, 398, 415, 418.

Aulne. — voir Alnus.

Azimut. — 339.

Bande magnétique (ou bande numérique) 339, 341, 356, 366, 372, 415, 417.

Bande spectrale (= canal). — 159, 337, 338, 341, 345, 347, 349, 356, 380, 390, 393, 394, 410, 412, 413, 415, 417, 418.

Banque de données. — 158.

Barres d'avant-cote. — 408.

Barres de déferlement (swash bars). — 114.

Betula (Bouleau). — 300, 302, 305, 311.

Bombement anticlinal. — 23, 31, 33, 34, 36, 38, 40, 44, 53, 360.

Bossis (ou bosses de marais salants). — 119, 135, 138, 143, 166, 282, 300, 310, 377, 386, 413, 418.
(voir marais salants, marais gâts).

Bouleau. — voir Betula

Bray. — 33, 34, 44.

Bri. — 23, 25, 77, 79, 82, 87, 100, 105, 108, 112, 113, 150, 190, 222, 238, 246 - 320, 323, 414, 425, 426.

Bri. —
— caractères géotechniques. — 274 - 279.
— couleur. — 248 - 253, 425.
— évolution. — 247 - 322.
— granulométrie. — 280 - 288.
— origine. — 258-259, 288 - 294.
— volume. — 261 - 273.
— description. — 79, 247 - 322.

Briquetages ou sites à sel. — 78 - 82, 100, 102, 103, 184, 218, 238, 305, 310, 424.

Cadastre. — 103, 106-107, 137.

Calcaire (teneur des sols en). — 256, 258.
(voir décalcification).

Callovien. — 51.

Campanien. — 31, 40, 41, 43.

Canal d'enregistrement (voir Bande spectrale).

Capteur (ou détecteur). — 327, 329, 330, 331, 334, 336, 337, 343, 345, 347, 393, 394, 402, 414, 415, 428.

Capteur à balayage. — 337.

Carpinus (Charme). — 303, 305, 308, 311.

Carte automatique (ou infographique). — 325, 327, 336, 370 - 420

Carte IGN à 1/25000. — 197, 198, 227.

Carte IGN à 1/50000. — 197, 198.

Carte à 1/80000 ou Carte d'Etat Major. — 197, 198, 208, 237.

Cartogramme. — 207, 208, 210.

Cartes (comparaison). — 77, 84-86, 89-112, 126, 134-146, 167, 187, 424, 426.

Carte géologique
— à 1/80000. — La Rochelle. — 25, 27, 34, 113, 114.
— à 1/50000. — 25-31, 43, 246.

Carte thématique. — 147, 150, 425.

Cartographie automatique (ou infographique) — voir carte automatique.

Cartulaires. — 77, 86.

Cellules hydrologiques. — 63, 115, 398.

Centre National pour l'Exploitation des Océans (CNEXO) : 53.

Cénomanien. — 25, 27, 28, 30, 31, 36, 37, 42, 43, 51, 53, 89, 99, 100, 103, 108, 110, 261, 270, 271, 274, 281, 314.

Charme. — voir Carpinus.

Chartes. — 78.

Chênaie. — 346, 396, 400.

Chenaux de marée (étiers ou russons). — 51, 79, 81, 100, 109, 111, 113, 116, 119, 120, 124, 135, 137, 140, 141, 146, 157, 158, 160, 162, 166-194, 218, 222, 225, 227, 233, 238, 247, 250, 259, 261, 282, 283, 285, 287, 308, 310, 312, 314, 318, 320, 323, 324, 377, 384, 387, 388, 400, 402, 407, 412, 424, 425, 426.

Chenaux morts. — 166, 167, 168, 173,183, 184, 187, 188, 218, 222.

Chenaux vifs. — 166, 167, 168, 169, 173, 183, 184, 187, 188.

Chêne. — voir Quercus.

Chénopodiacées. — 300, 302, 303, 305, 308, 310, 311, 314, 315, 316, 322.

Cypéracées. — 300, 308, 316.

Chlorite. — 248, 289.

Ciment. — 31, 32.

Claires à huîtres. — 110. 112, 119, 120, 143, 146, 168, 187, 220, 222, 233, 238, 345, 365, 375, 386, 393, 394, 396, 400, 402, 408, 417, 418, 419, 420, 424.

Classification ascendante hiérarchique. — 282, 284-285, 322.

Classification des données numériques de télédétection . — 370, 420.

Cliché (ou image photographique). — 157, 161, 330.

Cliché fac-similé (voir image).

Climat (ou facteurs climatiques). — 68-76, 257, 279, 295, 300, 311, 322, 330, 359, 380, 393, 403, 404, 412, 414, 415, 418, 424, 428, 429, 430.

Coef ou coi. — 118, 119, 301, 318.

Composées. — 299, 300, 303, 305, 316.

Compositions colorées. — voir Images composées en couleurs.

Concrétions
— calcaires . — 256-258.
— ferrugineuses . — 31.
— gypseuses. — 254.
— siliceuses. — 31-33.

Coniacien. — 30, 40, 41, 44.

Console de visualisation. — 359-367.

Contrôle au sol, vérification sur le terrain . — 158, 161, 162, 163, 179.
(voir réalité, vérité de terrain).

Convergences en photo interprétation. — 160.

Cordon littoral. — (voir flèches). — 77, 78, 83, 87, 115, 119, 241, 253, 266, 278, 316, 317, 318, 345, 386, 400, 408, 414, 426.

Corylus (Noisetier). — 299, 302, 303, 305, 308, 310, 311.

Côte à chênières. — 91, 184, 386.

Cotes d'altitudes sur les cartes. — 197, 201, 425.

Cote significative. — 238.

Couleur :
— bri. — 258-263, 425.
— spectre électromagnétique. — 329.
— photographies. — 158.

Couche limite. —
— atmosphérique. — 49
— marine (dite salupause ou mieux kymatopause). — 49.

Courants de marée. — 58-66, 112, 115, 184, 187, 193, 287, 345, 349, 351, 380, 423, 424.

Courbes granulométriques. — 282-285, 310.

Crétacé. — 25, 29-30, 37, 38, 44, 51, 100, 102, 262, 263, 281, 298, 301, 314.

Cuesta. — 25, 30, 40.

Décalcification (décarbonatation). — 32, 247-248, 256-258, 314, 425, 426.

Delta — de marée. — 51.
— sous-marin. — 55, 114, 115.
— de brèche. — 105.

Dendritique. — 162, 167.

Dendrogramme (ou arbre hiérarchique). — 285.

Denivelée. — 146, 197-243, 298.

Désertification. — 126, 133.

Disthène. — 31.

Documents historiques. — 78, 86-87, 99, 124, 127, 131, 168, 180, 182, 204, 263, 425.

Dolmen. — 78, 82.

Double pleine mer. — 59, 60.

Drainage. — 118-119, 166-194, 146, 148, 150, 253, 254-260, 270, 271, 277, 278, 279, 298, 345, 375, 377, 386, 408, 414.

Dune. — 77, 90, 97, 105, 111-114, 217, 396, 398.

Eau. — 118-120, 146, 147, 148, 151, 197, 223, 324, 357, 359, 408, 412, 417, 418, 419, 420, 426, 427, 428, 430.
(voir drainage, humidité, précipitations, sécheresse).

Echelle. — passim (voir taxonomie).

Échelle de restitution. — 330, 331-335, 338, 345, 355, 356, 362.

Ecologie, écosystème. — 49, 64-65, 66, 84, 119, 295, 372, 424, 426, 427, 428, 429, 430.

Eco-Géographie. — 428.

Electricité de France (E.D.F.). — 229.

Emulsion. — 157, 159, 164-165, 194.
(voir infrarouge, photographies aériennes).

Emulsion couleurs. — 158, 160.

Emulsion infra-rouge couleurs (ou fausses-couleurs). — 158, 159.

Emulsion panchromatique. — 157-160, 161, 162, 166, 168, 187, 194.
(voir photographies aériennes).

Entéromorphe (réseau). — 162, 169, 189, 194.

Eocène. — 31, 32, 33, 43.

Epicea. — voir Picea.

Epidote. — 31.

Equidensités. — 354, 356-357, 363-368, 393.

Equidensités A.R.I.S.T.I.D.E.. — 363-366, 383, 413.

Equilibre dynamique. — 112.

Ericacées. — 300, 303.

Erosion actuelle. — (voir évolution du littoral). du littoral. — 89-95, 99, 103, 105, 111, 112-115.

Escarpement de faille. — 263.

Estimation volumétrique :
— cordons d'Yves. — 93.
— bri. — 260-272.

Estran. — 23, 28, 33, 59, 78, 91, 92, 95, 103, 105, 112, 114, 274, 318, 337, 345, 347, 363, 372, 375, 380, 384, 398, 408.

Etier. — voir chenal de marée.

Etude intégrée. — 386, 388, 429.

Evanescent (réseau). — 162, 166, 167, 169, 173, 182, 184.

Evapotranspiration. — 73-76, 404, 412, 414, 428.

Evolution actuelle du littoral. — 71, 115.

Exoscopie. — 32, 263, 264, 301.

Expression graphique. — 71, 148, 206, 210, 213.
passim. — 141.

Faciès granulométrique : 280-288, 425.

Faille. — 33, 34, 37, 39, 40, 41, 51, 52, 53, 92, 100, 110, 261, 362.
(voir escarpement de faille).

Fagus (Hêtre). — 299, 300, 303, 305, 310, 311.

Falaise. — 25, 30, 33, 36, 49, 51, 53, 74,78, 84, 89, 92, 95, 99, 100, 103, 108,150, 184, 314.

Falaise à confessionnaux. — 30.

Fenêtre électromagnétique. — 330.

Feuillus. — 396, 408.

Flèches littorales. — 87-115, 314, 345.
(voir cordon littoral).

Flèches d'entrée de baie. — 93, 95, 100, 112, 345.

Flèches de type azovien. — 93, 114.

Flèches en position de fuite. — 93, 99, 100.

Flèches en position frontale. — 90-91, 95, 99, 100.

Flore. — 68. (voir végétation).

Foraminifères. — 301, 312-315.

Fossé tectonique (ou graben). — 53, 55, 67, 111.

Fraxinus (Frêne) . — 259, 302, 303, 308, 311, 408.

Genèse des marais. — 78-89, 90, 162, 175, 178, 184, 187, 190-194, 247, 253, 258-260, 276-279, 280-323, 350, 425.

Géographie. — 14-20, 197, 327, 329, 347, 370, 383, 403, 417, 427-430.

Géographie physique
(voir géographie). — 155, 280, 324, 352, 341, 423, 427-430.

Géologie (structurale). — 25-45, 51-54, 150, 192, 352, 424, 426, 427.

Géomorphologie. — 78, 87, 150, 155, 263, 394, 426, 427.
— historique. — 42-45.
— sous-marine. — 49-67.
— littorale. — 77-114, 345.
— des marais. — 115-320, 424.
— régionale. — 25, 40, 423.

Géosophie. — 123-128.

Géotechnique. — 274-279, 320, 322.

Gley ou pseudogley. — 247.

Gouttière synclinale ou ondulation synclinale. — 27, 33, 34, 36, 37, 39, 53, 92, 100, 184, 265.

Graminées. — 299, 300, 302, 303, 315, 316.

Granulométrie des argiles. — 280-288.

Granulométrie des sables. — 56, 57, 59, 77, 108, 112.

Grau. — 108.

Grès. — 29, 32, 39, 43.

Groupement pour le Développement de la Télédétection Aérospatiale (G.D.T.A.). — 338, 339, 345, 346, 348, 359, 404.

Halophyte, plantes halophiles. — 47, 49, 115, 176.

Hêtre. — voir Fagus.

Histogramme. — 178, 198, 210, 212, 390-393, 403, 404.

Histoire. — 13, 123-126, 134, 143, 166, 175, 424, 429.
(voir documents historiques, cartulaires).

Holocène. — 296, 314.

Horizon pédologique. — 247-260.
(voir sol).

Hornblende verte. — 31.

Humidité. — 68, 150, 159, 161, 162, 163, 176, 180, 347, 357, 359, 384, 386-388, 393, 407, 408, 410, 412, 414, 417, 418, 419, 420, 429.

Hydromorphie des sols. — 163, 166, 249, 252 - 256, 259, 260, 408.

Hypersthène. — 31.

Illite. — 32, 42, 248, 289 - 294, 322.

Image. — 328, 329, 336, 337, 338, 342-352, 375, 415, 417, 423.

Images composées en couleurs (ou «composites couleurs»). — 347, 358, 359, 366.

Indices d'aridité. — 73.

Indice de développement des méandres. — 172, 175, 187.

Indice de rang des drains. — 190.

Infra-Cénomanien. — 29, 40, 42.

Infrarouge. — 79, 131, 137, 138, 157 - 165, 166, 167, 168, 178, 179, 182, 189, 227, 290, 323, 338, 342, 345, 347, 377, 396, 407, 408, 410, 417, 426.
(voir photographies infra-rouge).

Institut Géographique National, IGN. — 157, 197 - 202.

Institut de Géologie du Bassin d'Aquitaine (I.G.B.A.). — 51, 53, 112, 311, 383.

Institut National de la Recherche Agronomique. (I.N.R.A.). — 127, 410.

Interfluve. — 173.
(voir chenaux de marée, cotes d'altitude).

Intertidal. — 32.

Jas. — 86, 119, 137, 146, 166, 167, 169.

Juglans (Noyer). — 308.

Jurassique. — 25 - 30, 270, 289.

Kaolinite. — 32, 42, 248, 289 - 294.

Karst. — 31, 32.

Kimméridgien. — 25, 27, 28, 36, 37, 42, 43, 51, 52, 150, 256, 270, 271, 289, 300, 308.

Laboratoire Central d'Hydraulique de France (L.C.H.F.). — 60, 112, 236, 237.

Lagune. — 99, 312 - 316.

Landsat. — 159, 327, 333, 334, 336 - 342, 343, 344, 345, 357, 380, 429.

Levés sur le terrain, contrôle au sol. — 89 - 115, 119, 131, 175, 202 - 236, 247 - 260.
(voir réalité, vérité de terrain).

Limites d'Atterberg. — 274 - 280.

Limons. — 31, 32, 43.

Lignée de paysages. — 422, 428.

Linéaments. — 36, 39 - 40, 192, 333, 359 - 368, 417.

Lissage. — 394, 396, 398 - 404.

Littoral ou rivage. — 23, 33, 47, 78, 81, 82, 84, 115, 148, passim.

Luminance. — 334, 341, 375, 377, 380, 383, 384, 390, 393, 394, 395, 396, 402, 403, 404, 407, 413.
(voir radiance).

Lutétien. — 31, 43.

Maestrichtien. — 25, 31, 44.

Maille du paysage . — 334, 410.

Mappons. — 370, 375, 384, 386, 388, 390, 393, 394, 396, 402, 408, 415, 417, 418, 420.

Marais à poissons. — 119, 139, 143, 222, 345, 396, 400.

Marais (à disposition) conforme. — 216, 218, 220, 222, 225, 227, 228, 230, 233, 236, 323, 412, 425.

Marais (à disposition) contraire. — 216,222, 225, 227, 228, 232, 236, 323, 425.

Marais désséché. — 131 - 132, 143, 424.
(voir marais mouillé).

Marais doux. — 137, 143, 168, 173.

Marais gâts. — 119, 135 - 143, 150, 166, 167, 168, 169, 173, 175, 176, 184, 201, 205, 220, 222, 230, 233, 236, 253, 357, 375, 377, 384, 386, 387, 393, 394, 396, 400, 402, 403, 408, 413, 414, 417, 418, 419, 420, 424.

Marais littoraux (terme générique). — passim.

Marais mouillés. — 131, 132, 150, 166, 227, 229.

Marais plats. — 115 - 119, 131 - 137, 146, 150, 168, 169, 173, 176, 184, 187, 201, 205, 220, 222, 223, 242, 252, 323, 324, 357, 372, 377, 384, 386, 387, 393, 396, 400, 402, 410, 413, 417, 419, 424.

Marais salants. — 79, 81, 84, 86, 91, 108, 109, 112, 119, 135, 141, 143, 146, 166, 167, 168, 173, 179, 183, 184, 189, 190, 194, 204, 226, 253, 260, 323, 324, 384, 396, 400, 410, 413, 424.

Marée. — 58 - 63, 111, 168, 223, 227, 236-243, 423.
(voir courants de marée, niveaux de marée).

Masses d'air. — 68, 69.

Méandre. — 166, 168, 169, 173, 175, 179, 180, 184, 187, 192 - 194, 266, 267, 345, 372, 377, 410, 419.

Météorologie. — 68 - 69, 140. (voir climat).

Métières. — 119, 120, 137, 140.

Microfalaise. — 169.

Minéraux argileux. — 32, 155, 248, 289 - 294, 323, 428.
(voir chlorite, illite, kaolinite, montmorillonite, smectites).

Minéraux lourds. — 31, 42, 93.

Miocène. — 43, 45.

Mixages. — 354, 356 - 359, 366.

Modèle de disposition des claires en fonction d'un chenal. — 146.

Môle tectonique ou horst. — 53, 92.

Montmorillonite. — 32, 248, 289 - 294.
(voir smectites).

Morphométrie. — 190 - 194.

Mottureaux . — 116 - 118.

Mouvements tectoniques. — 33, 42.

Multispectrales (données). — 329, 347, 352, 355, 359, 404, 413, 417, 428.

Nadir. — 339.

Nébulosité . — 343 - 345.

Néolithique. — 78.

Néotaxonomie. — 335, 390, 393, 403, 418, 422, 428.

Niveaux de marée. — 60 - 61, 100, 194, 197, 219, 220, 236 - 243, 316, 318, 319, 323, 347, 349, 351, 380, 423, 425, 426.

Niveaux marins. — 30, 53, 82, 83, 100, 102, 175, 194, 197.
— holocènes. — 238, 243, 257, 259, 278, 282, 285, 287, 289, 295, 299 - 300, 312 - 322, 425.

Nivellements topographiques. — 199 - 244.

Noles. — 116, 118, 119.

Non supervisé (mode de traitement des données). — 370, 418, 419.

Noyer. — voir Juglans.

Observation (ou étude) stéréoscopique. — 87, 91, 161.

Oligocène. — 43.

Ombellifères. — 299, 300, 305.

Ondes de relief. — 141.

Ondes électromagnétiques. — 329.

Ordinateur. — 419.

Orientation des marais salants. — 139 - 142.

Orme. — voir Ulmus.

Oxfordien. — 29, 51.

Paléoclimats. — 33, 42 - 45, 294.

Paléontologie. — 28, 42, 295 - 305, 312-314.

Palynologie (ou analyse pollinique). — 155, 246, 257, 278, 295 - 312, 427.

Panaches sédimentaires ou troubles en suspension ou eaux turbides . — 347, 349, 350, 352, 375, 381, 383, 388, 398, 415, 424.

Paramètres statistiques
. en granulométrie
- de Rivière. — 286 - 287.
- de Trask. — 281 - 282.
. en topographie
- moyenne mobile. — 207, 215.
- histogrammes. — 178, 198, 210, 212.

Parataxonomie. — 335.

Parcelle. — 116, 161 - 162, 167, 173, 180, 370 - 420.

Parcs à huîtres. — 110.
(voir claires à huîtres).

Paysage (passim). — 23, 44, 115, 148, 166, 334 - 420.

Pédologie (évolution pédologique). — 155,178, 247 - 260, 287, 301, 302, 314, 320, 425, 426, 427.
(voir sol).

Pendage. — 25, 33 - 42, 102.

Peu - Richard (civilisation de) . — 78.

Phénologie. — 157, 160, 161, 394 - 412, 415, 417, 418, 420, 428, 429.
(voir végétation, réalité de terrain).

Phenons. — 370, 372, 377, 386, 388, 390, 407, 415, 417.

Photo-alignements. — 36, 39 - 41.
(voir linéaments).

Photographies aériennes (panchromatiques). — 36 - 40, 77, 87, 90, 91 - 96, 103, 105, 108, 110, 113, 119, 135 - 143, 157 - 194, 194, 199, 200, 323, 329, 330, 334, 367, 368, 375, 377, 380, 394, 415, 417, 419, 424, 425, 426.
(voir infra-rouge, photographies infra-rouge)

Photographies infra-rouge. — 157 - 194, 323,329.
(voir infra-rouge).

Photo - interprétation. — 87, 105, 113, 155, 158 - 165, 352, 362, 366, 367, 415.

Phytosociologie. — 119, 120.

Picéa (Epicéa). — 310.

Pierres de lest et galets exotiques. — 108.

Pinède. — 347, 396.
(voir feuillus).

Pinus (Pin). — 299, 300, 302, 305, 308, 310.

Pixel. — 338, 370, 375, 377, 380, 384, 388, 390, 394, 396, 400, 402, 412, 418.

Plage. — 83, 84, 91, 97, 112, 113, 114, 274, 347, 380, 398, 400, 408.

Planimétrie. — 87, 93, 157 - 195, 270, 424, 425.

Plantago. — 299, 300, 302, 305, 308, 315.

Plate-forme continentale ou pré-continent 51, 89, 290, 291.

Plate-forme d'abrasion — 263.

Pleistocène. — 32.

Pliocène. — 32, 43, 45.

Pointe aux herbes. — 109, 112.

Polders. — 115. (voir prises).

Pollen. — 295 - 311, 314 - 316, 425.
(voir analyse pollinique palynologie, noms de familles herbacées ou d'espèces arboréennes).

Portlandien. — 25, 28, 38, 42, 44, 51, 103, 108, 113, 114, 263, 292, 314.

Poulier. —
- à crochet retourné. — 93, 108.
- «classique». — 95, 99, 100, 113, 114.

Précipitations (météorologie). — 68 - 76, 140, 160, 404 - 410, 428.

Pré-continent. — voir plate-forme continentale

Pré-traitement. — 331, 356, 418.

Prise de marais. — 99, 105, 108, 113, 119, 123, 135, 138, 140, 168, 169, 190.
(voir marais salants, plats, gâts, types d'exploitations salicoles, types de prises).

Prises de type hollandais. — 131 - 132.

Prisme littoral. — 47 - 49, 66, 68, 114, 148, 423, 424.

Profil en long d'une rivière. — 55.

Propriété citadine et nobiliaire. — 126.

Purbeckien. — 27, 42, 261.

Quercus (chêne). — 299, 300, 302, 305, 308, 310, 311.

Radar. — 327, 330, 331.

Radiance. — 334, 381, 400.

Radiations électromagnétiques . — 327, 330, 331, 398, 417.

Radio carbone ou C14 ou 14 C. — 77, 78, 83 - 84, 89, 90, 97, 100, 102, 105, 108, 110, 112, 258, 302, 316 - 322, 427.

Ralentissement de la sédimentation littorale 109, 424, 425.

Rauracien. — 27, 29, 408.

Rayonnement solaire. — 157.

Réalité de terrain. — 160, 368, 394
(voir contrôle au sol, levés de terrain, vérité de terrain).

Recyclage sédimentaire. — 102, 112.

Redonien (?). — 32.

Réflectance. — 159, 345, 347, 390, 393, 396, 398, 400, 404, 408, 410.

Régression marine. — 79, 82, 294.

Remembrement. — 143.

Réseau
- entéromorphe. — voir entéromorphe.
- évanescent. — voir évanescent.
- fasciculé. — 187, 189.
- penné étalé. — 169, 179.
- penné fastigié. — 169, 173, 184.

Résolution . — 333 - 334, 383.

Ressources naturelles. — 159.

Ressources terrestres. — 327, 336, 345, 429.

Rumex. — 299, 300, 302, 303.

Rutile. — 31.

Saline. — 86, 91, 105, 135, 140, 166, 167, 175, 176, 184.
(voir marais salant, marais gât, prise de marais, aire saunante ou exploitation salicole).

Salix (Saule). — 259, 310, 388.

Santonien. — 41, 51.

Sartière. — 86, 120, 137, 138, 167, 168, 169, 175, 194.

Satellite. — 324, 334, 336, 337, 339, 341, 342, 343, 394, 415, 417, 418, 419, 420, 423, 428.

Saule. — voir Salix.

Schorre. — 77, 81, 82, 84, 86, 102, 108, 109, 112, 114, 146, 150, 162, 166, 168, 169, 173, 175, 178, 184, 187, 189, 194, 219, 220, 222, 223, 225, 236, 238, 240, 258, 274, 277, 278, 281, 287, 300, 308, 310, 312, 314, 315, 316, 318, 319, 323, 345, 352, 375, 377, 380, 384, 386, 400, 410, 412, 419, 425.

Sécheresse. — 69 - 76, 118, 279, 357, 386, 396, 404, 408, 410, 412, 413, 426.

Sédimentologie. — 55, 59, 78, 155, 274 - 287, 280 - 294, 312 - 320.

Sel. — 119, 123, 129, 134, 139, 140, 169.
(voir briquetages ou sites à sel, marais salants, salines).

Sémantique. — 161.

Sémiologie. — 161.

Sénonien. — 51.

Séquanien. — 25, 51, 150, 256.

Sidérolithique. — 33.

Signature multispectrale (ou légende). — 334, 366, 372, 377, 383, 384, 386, 388, 390, 394, 398, 400, 403, 407, 408, 412, 417, 419, 428.

Signature spectrale (ou réponse spectrale) 161, 334, 366, 367, 377, 383, 390, 394, 396, 403, 413.

Sillimanite. — 31.

Sites à sel. — voir briquetages.

Site - témoin (ou site-test). — 372, 375, 377, 380, 383, 384, 386, 396, 404, 410.

Slikke. — 57, 77, 108, 109, 110, 114, 168, 173, 175, 179, 184, 187, 189, 190, 194, 219, 220, 277, 278, 281, 287, 310, 312, 314, 323, 345, 375, 377, 384, 394, 398, 400, 402, 418, 428.

Smectites. — 42, 289 - 294, 315, 322, 425.
(voir montmorillonite).

Sol. — 77, 97, 102, 120, 132 - 134, 140, 146, 150, 167, 205, 247 - 260, 408, 410, 412, 417, 419, 428, 430.
(voir évolution pédologique).

Sondages. — 272 - 288.
- géologiques. — 36 - 38, 40 - 41, 246.
- géophysiques. — 270.
- palynologiques. — 295 - 312.
- pédologiques. — 264 - 294.
- sismiques . — 246, 265, 270, 271.

Spectre électromagnétique . — 157, 160, 329.
(voir radiations électromagnétiques).

Sphène. — 31.

Statistique. — 198 - 216.
(voir classification ascendante hiérarchique,
histogramme,
traitement numérique).

Staurotide. — 31.

Stéréoscopie. — 47.
(voir photo-interprétation).

Stratigraphie. — 25 - 33, 51, 246, 295, 301, 305, 308, 313, 320.

Structure d'une image. — 161, 163, 166, 345 - 352.

Subatlantique (période). — 296, 299, 300, 303, 308, 310, 311, 316, 317, 319, 320.

Subboréal (période). — 296, 299, 300, 303, 308, 311, 316, 317, 319.

Supervisé (mode de traitement). — 370 - 404, 417.

Surfaces. — 42, 423.
- acyclique. — 42, 44, 45.
- «éogène». — 40, 43, 44, 45.
- infracénomanienne ou infra-crétacée . — 36, 42, 43, 423.
- miocène. — 32.
- tertiaire. — 30, 32, 42, 423.

Survol aérien. — 146, 157, 178.

Système. — 47, 114, 115, 160, 161, 193, 194.
(voir approche systémique).

Tache élémentaire d'enregistrement. — 330, 331, 334, 343, 370, 386, 393, 396, 400, 403, 404, 408, 415, 417.
(voir pixel).

Taillées : digues. — 141.

Tassement. — 77, 79, 81, 119, 150, 176, 238, 240, 241, 242, 243, 276 - 280, 302, 316, 318, 323, 425.

Taxonomie (ou niveau taxonomique). — 100, 116, 120 , 141, 147, 154, 155, 161 - 162, 226 - 227, 323, 334, 335, 336, 345, 367, 372, 393, 417, 418, 424, 425, 426, 429.

Taxons. — 370, 375, 380, 390, 415, 417, 418.

Tectonique. — 23, 33 - 42, 45, 51 - 54, 59, 150, 193, 197, 362, 417, 423.

Tectonique croisée. — 40, 362.

Télédétection. — 161, 323, 325 - 420, 423, 428 - 430.

Teneur en eau. — 274 - 280.

Terre de groie. — 97, 289.

Tertiaire. — 30, 31, 32, 36, 42, 43, 44, 45, 314.

Texture d'une image. — 161, 163, 166, 167, 180, 345 - 352, 354.

Tilia (Tilleul). — 299, 300, 302, 303, 305, 308, 310, 311.

Tombolo. — 92, 102, 114, 359, 381.

Topographie. — 32, 87, 119, 135, 168, 178, 187, 197 - 243, 279.
(voir altitude, cotes d'altitude).

Toponymie. — 78, 130, 131, 137.

Tourbe, tourbière. — 77, 83, 295, 298 - 300 150, 238, 241, 250, 270, 295, 299, 300, 302, 316, 317, 318, 323, 363.

Tourmaline. — 31.

Traitement automatique ou numérique des données. — 329, 347, 354, 365, 367, 368, 370 - 420.

Traitement photographique (ou analogique) des images. — 354 - 368, 383, 417.

Transgression. — 32, 319 - 322.
. cénomanienne. — 42.
. flandrienne. — 45, 266, 271, 274, 279, 288, 294, 298, 314, 315, 318, 322, 423.
(voir niveaux marins holocènes).

Turonien. — 30, 41, 51, 298.

Types de courbes granulométriques. — 280 - 284.

Types d'exploitations salicoles. — 138, 143.

Types de prises. — 131 - 134, 138, 143, 147, 424.

Types de réseaux de chenaux. — 173, 178, 184, 187.
(voir réseau).

Ulmus (Orme). — 259, 299, 300, 301, 303, 310, 311.

Ultraviolet. — 329.

Union de Marais (UNIMA). — 206, 229.

Vallées sous-marines. — 44.
- Charente. — 55, 365.
- Lay. — 55.
- Seudre. — 53, 55.
- Sèvre Niortaise. — 55.

Vasière. — voir wadden.

Vecteur. — 327, 329, 330, 331.

Végétation (ou tapis végétal). — 47, 49, 103, 112, 114, 116 - 120, 148, 150, 155, 159, 160, 161, 162, 163, 166, 167, 168, 173, 192, 194, 204, 295 - 312, 322, 323, 345, 352, 357, 375, 380, 386, 388, 393, 394, 396, 398, 400, 407, 408, 410, 412, 413, 414, 417, 418, 419, 424, 428.

Vent. — 47, 109, 112, 139, 140, 141, 222.

Vérité de terrain («ground - truth») — 329, 377, 380, 395.
(voir réalité de terrain, contrôle au sol).

Vigne. — voir Vitis.

Visible. — 158, 329, 334, 338, 339, 341, 342.
(voir infra-rouge).

Visualisation. — 331, 334, 341, 366, 404, 418.
sur film. — 329, 331.
sur imprimante. — 331, 366, 384.
sur table traçante. — 370 - 420.
sur console vidéo. — 359, 362 - 367, 418.

Vitis (Vigne). — 303, 305, 308, 310, 315.

Wadden. — 49, 57, 113, 114, 162, 184, 190, 223, 284, 345, 359, 380, 383, 419, 424, 426, 427.

Wantij. — 62, 66, 183, 363.

Zircon. — 31.

Zone d'expérimentation (ou zone d'entraînement). — 372, 375, 380, 390, 404, 410.

TABLE DES TABLEAUX

1. Superficie des marais charentais 14
2. Distance à la route empierrée de 267 parcelles du Marais de Rochefort 14
3. Fréquence et qualité des accès aux parcelles du Marais de Rochefort 14
4. Position taxonomique de l'espace étudié 19
5. Spectres des minéraux lourds du Cénomanien et des formations de la Butte de Moragne 31
6. Volume de remplissage dans le bassin de Marennes Oléron, en millions de m^3 57
   extrait de M. Tesson, 1973.
7. Niveaux atteints par les marées de vive-eaux moyennes autour de la Mer des Pertuis
   d'après «Ports Maritimes de France», t.6 61
8. Fréquence des mois secs (P $\leq$ 3 T) à la Rochelle, 1951 - 1975 72
9. Précipitations mensuelles à la Rochelle (moyennes décennales) d'après Boisramé et Seigneurin, complété 72
10. Valeurs moyennes des précipitations et des températures à Rochefort et à la Rochelle 73
11. Indices d'aridité de Martonne pour La Rochelle 73
12. Coefficients de corrélation entre les pluviométries enregistrées entre 1970 et 1975 75
13. Augmentation de la pluviométrie avec la distance à la mer, extrait de J. Dupuis, 1969, t2, p. 6 75
14. Précipitations 1970-1974 au sud du Marais Poitevin 84
15. Datations C14 obtenues sur les Marais Charentais 85
16. Nature du trait de côte sur différentes cartes 117
17. Fréquence des bourrelets dans 270 parcelles du bassin de Rochefort 118
18. Les inondations dans le Marais de Rochefort 119
19. Toponymie d'Yves, aux XIVe et XXe siècles 131
20. Importance de différents facteurs pour la détermination d'unités physionomiques 148
21. Couvertures photographiques des Marais Charentais 158
22. Moyennes mensuelles des précipitations à La Rochelle, 1781 - 1960 et 1963 - 1964 160
23. Valeurs de l'indice de développement de quelques méandres du Marais de Brouage 172
24. Cotes des cartes à 1/80 000 du Marais de Brouage 198
25. Types de cotes utilisées 199
26. Cotes altimétriques au sud-est du Marais de Brouage 200
27. Cheminements, portées et fermetures des nivellements effectués dans le Marais de Brouage 204
28. Niveaux atteints par la marée à la Tour de Cordouan 219
29. Niveaux des pleines mers à Royan 220

30. Altitudes reconstituées dans les marais gâts et altitudes observées dans les marais plats de Brouage 223
31. Niveaux caractéristiques de la marée à La Pallice 236
32. Situation du Zéro théorique des plus basses mers par rapport au Zéro de réduction des sondes 235
33. Valeurs centrales des niveaux de marée à Brest et La Rochelle 237
34. Niveaux de marée et altitude des marais de la région de Royan et de la Seudre 238
35. Niveaux de marée à La Tremblade 238
36. Niveaux de marée et altitude des marais au sud de l'Ile d'Oléron 239
37. Niveaux de pleines mers et altitude des marais de Brouage 239
38. Niveaux de pleines mers et altitude des marais au Nord de Rochefort 240
39. Niveaux atteints par les marées de vive-eaux moyennes dans quelques ports de la Mer des Pertuis 242
40. Epaisseur du bri entre St-Sornin et Brouage 262
41. Sections estimées de la vallée de la Charente au-dessus du lit rocheux 266
42. Sondages dans les Marais Charentais 272
43. Données géotechniques entre Le Vergeroux et Tonnay Charente 275
44. Indices de compressibilité du bri des Marais Charentais 277
45. Paramètres oedométriques et tassement du bri de la Charente 278
46. Valeurs de l'indice N pour les éléments fins du bri de St-Jean d'Angle 286
47. Répartition moyenne des minéraux argileux du bri des Marais Charentais 290
48. Répartition des minéraux argileux entre Saintes et la Mer des Pertuis 293
49. Chronologie simplifiée de l'Holocène 296
50. Effectifs des pollens dans trois niveaux au Gué Charrau, à Muron 301
51. Sondage de St-Jean d'Angle 301
52. Vecteurs usuels en télédétection 331
53. Sensibilité des détecteurs (capteurs) du système à balayage de Landsat 338
54. Données Landsat existant sur les Marais Charentais 341
55. Nébulosité moyenne pour la période 1951 - 1960 dans quelques stations voisines de la région étudiée 343
56. Phases de la marée et niveaux de la mer aux heures prévues pour les enregistrements Landsat 349
57. Légende de la carte infographique des Marais de la Basse Charente 386
58. Légende de la carte infographique des Marais d'Yves 388
59. «Concentration spatiale» des unités déterminées sur les cartes infographiques lissées de la région de Marennes. 402
60. Les marais de la Basse Charente de 1973 à 1976 : évolution de l'humidité 412

TABLE DES FIGURES

Toutes les illustrations, croquis cartes ou photographies sont appelées figures et numérotées dans l'ordre du texte.
Les photographies sont indiquées en italiques, suivies du nom de l'organisme ayant libéralement autorisé la reproduction, propriétaire de droits.

Sauf exception, le nord est en haut des photographies aériennes et des images de satellite.

1. Situation de la région étudiée 13
2. Voies d'accès aux Marais Charentais 15
3. Enclavement des parcelles dans le marais de Brouage 16
4. Champ spatial des thèses de Géographie intéressant le littoral charentais 17
5. Croquis de repérage 26
6. Schéma géologique régional, synthèse en 1974 24
7. Interprétation de la coupe de La Repentie (extraite de NORMAND, 1970, p. 70) 27
8. Interprétation de la falaise des Boucholeurs 27
9. *Photographies de la falaise et de l'estran du Rocher d'Yves* 28
10. Le synclinal de la Charente (extrait de BOISSELIER, 1891) 29
11. Cadre tectonique du marais de Lauzières 34
12. Diagramme d'orientations des linéaments dans la partie orientale du marais de Rochefort 35
13. Diagramme d'orientations des linéaments au nord-est du marais de Rochefort 35
14. Sondages à Tonnay-Charente 37
15. Sondages du Gué Charrau 38
16. Sondages entre Yves et Voutron 38
17. *Disposition synclinale des calcaires cénomaniens d'Erablais (RR)* 39
18. Photostructures ou linéaments au sud-est du marais de Brouage 39
19. Linéaments à la périphérie des marais de la Seudre 40
20. Mode de formation des tiges ligneuses penchées dans les sites maritimes 47
21. Le prisme littoral charentais 49
22. Croquis bathymétrique de la Mer des Pertuis 50
23. Éléments tectoniques de la Mer des Pertuis 52
24. Coupes et profils dans la Baie de Ronce et ses abords 54
25. Les vallées submergées de la Mer des Pertuis, tracés hypothétiques 55
26. Croquis des principales unités sédimentologiques de la Mer des Pertuis 56
27. Directions et vitesses des courants de marée dans la Mer des Pertuis (extrait F.VERGER, 1968, p.30-31) .. 58
28. Courbes de marée à Rochefort 59
29. Courbes de marée au Chapus 60
30. Courbe de concordance entre les niveaux des marées à La Rochelle et au Chapus 61
31. Niveaux observés des Pleines Mers en Mer des Pertuis 62
32. Positions successives du wantij au cours d'un cycle de marée dans la baie frisonne du bassin de Marennes-Oléron 62
33. Transits sédimentaires dans le bassin de Marennes-Oléron 63
34. Carte de bionomie benthique de la Mer des Pertuis (extraite de HILY, 1976) 64

35. La Mer des Pertuis, croquis de géomorphologie sous-marine 67
36. Diagramme ombrothermique moyen de La Rochelle, 1951-1975 69
37. Diagrammes ombrothermiques de La Rochelle 1951-1978, établis avec P = 3 T 70
38. Les mois secs à La Rochelle, de 1951 à 1974 71
39. Postes climatiques utilisés 75
40. Moyennes des précipitations (1970-1974) et distances à la mer 76
41. Dolmens et sites à sel (briquetages) sur le littoral charentais 78
42. Situations et coupes de quelques sites à sel charentais 80
43. Site à sel et altitude du marais 82
44. Évolution des lignes du rivage du Marais de Brouage (extraite de C. GABET, 1969) 87
45. Évolution du rivage au nord de La Tremblade 86
46. Anomalies topographiques et cordons littoraux du Marais de Rochefort 88
47. La côte à chênières du Marouillet 91
48. Profil synthétique de la plage de l'Oasis en avril 1976 92
49. L'estran du Cornard (d'après G. MATHIEU, 1957) 93
50. Le rivage entre Chatelaillon et Yves depuis 1698 95
51. Les flèches et cordons de l'ancienne Baie du Dauphin/Anse de Fouras 96
52. *Photographie d'une coupe du cordon du Dauphin, à Yves (R.R.)* 97
53. Coupes dans les flèches et cordons du marais de Voutron 98
54. Axe des flèches et directions des houles du large 99
55. Schéma d'évolution du littoral de la Baie d'Yves 102
56. Recul des falaises de Piédemont, d'après le cadastre 103
57. Archéologie et cinématique littorale à Piédemont 104
58. Le littoral au sud de Piédemont 105
59. Le littoral de St-Nazaire d'après les cadastres 107
60. *Photographie aérienne de 1950 : houles fortes au-dessus de la Rigane du Bigue (cliché I.G.N.)* 106
61. Lignes de rivage successives au sud du Havre de Brouage 109
62. La baie de Ronce : évolution du rivage depuis le XVIIIe siècle d'après les cartes 110
63. Évolution des rivages du Pertuis de Maumusson (extrait de M. TESSON, 1973) 111
64. Les dunes de la forêt des Saumonards 113
65. Le littoral oriental de l'île d'Oléron 114
66. Disposition topographique schématique des «marais plats» 116
67. *Photographie de mottureaux ou beurlins près de l'Isle Marteau (R.R.)* 117
68. Disposition et genèse des mottureaux ou beurlins (extrait de F. VERGER, 1964) 117
69. Niveaux des bassins de marais salants, d'après LE TERME, 1826 et A.J. LANCELOT, 1946 118
70. Schéma des groupements végétaux des marais charentais 120
71. *Photographie aérienne infra-rouge des marais de la Seudre entre Chatressac et Mornac (cliché I.G.N.)* 121
72. Terrains concédés en 1773 au Sieur de Fouchy et niveaux de marée 124
73. Concessions et endiguements au sud du Havre de Brouage 124
74. La mortalité à Rochefort de 1790 à 1880, en o/oo (extrait de BOURRU, 1884) 125
75. Un siècle d'endiguements dans les Marais Charentais 126
76. Les secteurs d'économie moderne (labours, ostréiculture) vers 1975 127
77. Les limites communales dans les marais de Brouage et de la Seudre 128
78. Les limites communales dans les marais de Rochefort 129
79. Limites du fief de Voutron en 1367 et de l'actuelle commune d'Yves 130
80. Progression des endiguements dans le marais de Rochefort 132
81. Digues et cabanes dans le Marais de Rochefort 133
82. Installation d'une prise de marais aux dépens d'un schorre 135
83. Les marais plats et les marais gâts dans le marais de Brouage 136
84. Schéma d'une prise de marais d'après L. PAPY, et prise de La Roberte à Beaugeay 137
85. Types de prises salicoles à Hiers Brouage 138
86. Orientation des bassins de marais salants à l'est du marais de Brouage 139

87. Orientation des bassins dans l'ensemble du marais de Brouage, par classe de 10 degrés pour 177 exploitations, et selon la méthode de B. GUILLOT, 1973 140
88. Carte de l'orientation des bassins du marais de Brouage 142
89. Principaux chenaux de marée et chemins d'accès («taillées») dans le marais de Brouage 143
90. Projet d'aménagement du marais de Brouage, d'après Cl. MASSE 144
91. Réseau principal d'assainissement du marais de Brouage 145
92. Aménagements des marais de Nieulle sur Seudre au milieu du XIXe siècle 145
93. Réaménagements de marais gâts pour l'ostréiculture, près d'Artouan 146
94. Types de paysages du Bassin de Rochefort 149
95. Position taxonomique des formes de relief des marais maritimes dans l'échelle spatio-temporelle de la Géomorphologie (extrait de F. VERGER, 1971 p. 164) 154
96. Sensibilité spectrale de l'oeil et de différentes émulsions photographiques 157
97. Réflectance spectrale de quelques «objets» naturels 159
98. Pertinence des photographies sensibles à l'infra-rouge pour différents facteurs et agents des marais littoraux 161
99. Convergence des phénomènes (hydrologie A, végétation B) dans les différences de densité de gris (C) 161
100. Ordinogramme schématique pour l'analyse sémiologique des clichés infra-rouge dans les marais (1/15 000) 162
101. Textures et structures en analyse d'images (extrait de C. CAZABAT, 1969, p. 33 et 35) 163
102. *Cliché infra-rouge, négatif de la Pointe Sans Fin à St-Nazaire sur Charente (I.G.N.)* 164
103. *Structures parallèles des bassins de marais gâts, au sud de Malaigre (Marais de Brouage) (I.G.N.)* 165
104. Types de réseaux hydrographiques (extrait de C. CAZABAT, 1969, p. 34) 167
105. Les chenaux de marée du Marais de Brouage 170
106. Chenaux et Marais gâts au sud-est d'Hiers 172
107. Principaux types de réseaux élémentaires de chenaux dans les vases (extrait de F. VERGER, 1968) 174
108. Les chenaux de marée dans le marais de Saint-Agnant 174
109. Le marais de Rochefort, croquis de repérage 176
110. *Aspects des chenaux morts dans un marais plat de Muron* 177
111. Les chenaux du marais de Muron 178
112. Réseaux des chenaux de marée dans le marais de Muron 179
113. *Photographie aérienne du marais de Muron en 1945 (I.G.N.)* 181
114. Les chenaux de marée du marais de Voutron 182
115. Réseaux de chenaux de marée dans le marais de Voutron 183
116. Les chenaux de la Basse-Charente 185
117. Les chenaux de marée à l'ouest de Rochefort en 1695 d'après Cl. MASSE 185
118. Les chenaux de marée de la Seudre 186
119. *Chenaux morts ou noles, dépressions endiguées ou noues au sud-ouest de Nieulle sur Seudre* (I.G.N.) 188
120. Traces de chenaux dans le marais de Brèze, partie du marais de Saint-Augustin 189
121. Détermination du rang des drains dans un réseau hydrographique hiérarchisé (extrait de F. VERGER, 1968) 190
122. Chenaux de marée dans les marais d'Arceau et de la Perrotine (Oléron) 191
123. Lignes de changement de magnitude des chenaux du marais de Brouage 192
124. Types de méandres (extrait de BRICE, 1974 p. 581) 193
125. Histogrammes des cotes du Marais de Brouage sur les minutes à 1/40000 et sur les cartes à 1/80000 198
126. Nature et valeur des cotes portées sur la carte à 1/25 000 au sud-est du Marais de Brouage 200
127. Types de cheminements topographiques 201
128. Mailles du réseau de Nivellement Général de la France 202
129. Équipement géodésique et topographique du Marais de Brouage 203
130. Itinéraires d'accès à des points alignés situés près d'une route 204
131. Cheminements topographiques réalisés dans les Marais Charentais 205
132. Profil topographique dans les marais plats, au nord de Rochefort 206
133. Profil topographique à travers d'anciennes salines du Marais de Brouage 207
134. Profil topographique au sud de Brouage 207
135. Cartogramme des altitudes des Marais Charentais 208

136. Croquis hypsométrique d'un relief du Marais de Dol de Bretagne (extrait de DESDOIGTS,VERGER)..... 209
137. Profil topographique dans les marais plats de Dercie (bassin de la Seudre) 210
138. Cotes du marais de Dercie 210
139. Carte par plages hypsométriques des marais de Dercie 211
140. Bloc diagramme d'une parcelle de marais 212
141. Histogramme de fréquence des portées de nivellement 212
142. Lissage de profils topographiques par la méthode de la moyenne mobile 213
143. Cotes pondérées dans les marais d'Aytré, près de La Rochelle 214
144. Fiche de calcul des altitudes pondérées 215
145. Profils topographiques le long de la route La Rochelle - Rochefort 215
146. Marais à disposition conforme et marais à disposition contraire (extrait de F. VERGER, 1971, p. 165) 216
147. Croquis de repérage dans les marais de Saint-Augustin 217
148. Cotes d'altitude dans les marais de St-Augustin et de Bréjat 218
149. Histogramme d'altitudes des marais de St-Augustin et de la Seudre 219
150. Cotes extrêmes au sud-est des marais de St-Augustin 219
151. Profils topographiques à l'embouchure de la Seudre 220
152. Dissymétrie des altitudes des marais à l'embouchure de la Seudre 221
153. Profil topographique à travers les marais de Nieulle-sur-Seudre 222
154. Altitudes de l'eau dans le Marais de Brouage, 30 sept-1er oct. 1972 223
155. Profil topographique dans le Marais de Brouage, entre Hiers et Beaugeay 223
156. Disposition topographique de part et d'autre du Havre de Brouage 224
157. Cotes de marais plats au sud-ouest de St-Jean d'Angle 224
158. Disposition topographique du Marais de Brouage, d'après les cotes moyennes des marais plats 225
159. Profils topographiques dans les marais de l'estuaire de la Charente 226
160. Altitudes du Marais de Rochefort, d'après les cartes à 1/25 000 228
161. Cotes moyennes par parcelles, près de Ludène 229
162. Profil d'après les cartes et profil topographique réel entre Flay (Ciré d'Aunis) et Tonnay-Charente 230
163. Profils topographiques en série dans les marais de Tasdon La Moulinette 231
164. Carte hypsométrique des marais gâts de Tasdon 234
165. Carte en courbes de niveaux dans les marais gâts de Tasdon..... 232
166. Disposition élémentaire de prises de marais dans deux «marais conformes» 233
167. Altitudes des marais et niveaux des Pleines Mers en Charente Maritime 242
168. Quelques caractères des sols du marais de Muron 248
169. Teintes du bri reconnues dans le marais de Rochefort 249
170. Profil géopédologique Voutron - La Perrière 250
171. Profil géopédologique au Nord du Havre de Brouage 251
172. Profils géopédologiques dans le marais de Muron 251
173. Types de bri observés dans des marais plats du bassin de Brouage et réseau de chenaux de marée 252
174. Diffractogramme d'un nodule de gypse dans le bri de La Favolière (Genouillé) 254
175. Classes de drainage dans le marais de Muron 255
176. Modèle explicatif des teintes du bri en surface et en profondeur..... 259
177. Carte des sondages profonds dans le Marais de Brouage et la Seudre 262
178. Profondeur du plancher rocheux à l'Est de Malaigre 263
179. Photographie du plancher rocheux à l'ouest de l'Ile Madame 264
180. La Seudre à l'Eguille 265
181. La vallée de la Seudre entre La Tremblade et Marennes 265
182. Coupes dans la vallée de la Charente 266
183. Le plancher rocheux sous le bassin n° 3 à Rochefort..... 267
184. Profondeur du lit rocheux aux environs de Rochefort 268
185. Sondages et profils sismiques dans le marais de Rochefort 269
186. Profondeur du plancher rocheux à l'est de la Gare de La Rochelle 271
187. Teneurs en eau du bri de la région de Rochefort 275
188. Limites d'Atterberg du bri de la région de Rochefort 275
189. Paramètres géotechniques du bri de l'estuaire de la Charente 276
190. Courbe oedométrique 277

191. Modes de traitement des résultats des analyses granulométriques du bri charentais 280
192. Familles de courbes granulométriques à La Jonchère, St-Jean d'Angle 281
193. Courbes granulométriques du sondage de Luez à Genouillé 283
194. Courbes granulométriques du sondage de Vide-Bouteille, à Breuil-Magné 282
195. Pertinence de la classification ascendante hiérarchique pour l'analyse des résultats granulométriques du sondage de Luez 284
196. Le bri de St-Jean d'Angle, analyse des correspondances 286
197. Courbes granulométriques du «bri ancien» et du «bri récent» 288
198. Granulométries des formations superficielles de La Villeneuve des Salines 289
199. Les minéraux argileux du Marais de Rochefort, transects 291
200. Diffractogrammes d'argiles du Marais de Rochefort 292
201. Les minéraux argileux des Marais Charentais et de la Mer des Pertuis 293
202. Le rapport smectites/illite entre Vendée et Gironde 294
203. Croquis de localisation des sondages traités par pollenanalyse 297
204. Diagrammes palynologiques du Bouil de Chambon à Trizay et de la Levée de Soumard à Fouras 298
205. Diagramme pollinique de St-Jean d'Angle 304
207. Diagramme pollinique de la Cabane de la Groie 307
206. Diagramme pollinique de Luez 308
208. Courbes granulométriques du sondage de Luez 306
209. *Foraminifères du sondage de St-Jean d'Angle (Lab. Géologie E.N.S. Montrouge)* 313
210. Diagramme schématique de fréquences des foraminifères de St-Jean d'Angle 312
211. Sites écologiques des foraminifères de St-Jean d'Angle 313
212. Le sondage de St-Jean d'Angle : caractères de la sédimentation 315
213. Cinématique du remblaiement des marais de St-Jean d'Angle 316
214. L'évolution du niveau de la mer autour du Massif Armoricain et en Charente 317
215. Indices de variations du niveau marin recueillis dans les Marais Charentais 321
216. Modèle général d'une opération de télédétection 328
217. Données fournies aux utilisateurs lors des opérations de télédétection 329
218. La télédétection et le spectre électromagnétique 330
219. Taxonomies usuelles en géographie et images Landsat 332
220. Détermination de la maille minimale du paysage pour les enregistrements Landsat 335
221. Le satellite Landsat 336
222. Les passages des satellites Landsat (extrait de FRALIT, 1977, p. 14) 337
223. Enregistrement par balayage multispectral 338
224. Exemple d'effet de lignage dû à la défection de deux capteurs 340
225. Recouvrement effectif d'images Landsat des Marais Charentais 342
226. Variations de la hauteur du Soleil en degrés, à 46° N à l'heure des passages des satellites Landsat 343
227. Nébulosité à La Rochelle, à midi, de 1951 à 1976, et nébulosité maximale pour les enregistrements Landsat 344
228. Couverture nuageuse à 50% le 4 juin 1975 344
229. *Images Landsat (NASA, GDTA)* 346
230. *Images Landsat du 18 août 1976 (NASA, GDTA)* 348
231. *Images Landsat des marais de Brouage et de la Seudre, 19 décembre 1975 (NASA)* 350
232. Situations hydrodynamiques marines les 11 juillet 1973, 19 décembre 1975 351
233. Schéma des traitements photographiques 354
233 bis *Agrandissement à 1/100 000 d'image Landsat* 355
234. Principe des équidensités 356
235. *Composition colorée sur la région charentaise* 358
236. Schéma de traitement d'image d'après RICCO et COURTOT, 1976 359
237. Linéaments obtenus par la méthode RICCO-COURTOT 360
238. «Topologie ertsienne» en Aunis et Saintonge, d'après CAZABAT, 1975 361
239. Schéma simplifié du Color Data ARISTIDE, d'après RUDELLE et DEMARCQ, 1978 363
240. *Traitement ARISTIDE du littoral charentais (Y. DEMARCQ, J. RUDELLE)* 364
240 bis *Traitement ARISTIDE des marais de la Seudre du 7 août 1977 (J. RUDELLE)* 365

241. Le programme FRACARTO 372
242. Visualisation FRALISIM des marais de la Basse Charente 371
243. Carte infographique des marais de la Basse Charente 373
244. Carte des paysages (phénons) de la Basse Charente 374
245. Méthode de repérage des taches élémentaires (I.G.N., EPHE) 376
246. Pixels artificiels encadrant le canal de la Seudre à la Charente 378
247. Paramètres climatiques à La Rochelle du 1 au 11 juillet 1973 379
248. Graphismes du sous-programme Framot employés en cartographie automatique (Fralit) 381
249. Carte infographique des parages de l'Ile d'Aix le 11 juillet 1973 382
250. Bandes spectrales de réflexivité maximale de quelques facteurs des eaux littorales 383
251. Signatures multispectrales des paysages (phénons) des marais de la Basse Charente 384
252. Carte infographique de la Basse Charente obtenue par pré-assistance géographique 385
253. Carte infographique des Marais d'Yves .....(«Photo Interprétation») 387
254. *Les marais d'Yves en 1945 (cliché IGN)* 380
255. Histogrammes des luminances dans les Marais à herbages de l'estuaire de la Charente 390
256. Carte infographique des Marais de la Basse Charente, légende obtenue par pré-assistance taxonomique 391
257. Luminances de 77571 pixels du Marais de Brouage le 19 décembre 1975 393
258. Carte infographique du Marais de Brouage en décembre 1975 392
259. Profils de luminance et vérité de terrain le 11 juillet 1973 entre Bellevue et Mornac 395
260. Paysages de la région de St-Just-Marennes le 11 juillet 1973 397
261. Principe du lissage majoritaire 398
262. Carte lissée de la région de Marennes d'après les données de Landsat 1 ; lissage 3 x 3 399
263. Carte lissée de la région de Marennes d'après les données de Landsat 1 ; lissage 5 x 5 401
264. Modes d'assistance utilisés pour l'étude des Marais charentais 403
265. Calque de repérage pour les marais de Voutron-Yves 405
266. Les marais de Voutron le 4 juin 1975 406
267. Les marais de Voutron le 19 décembre 1975 .....(«Photo Interprétation») 407
268. Les marais de Voutron le 18 août 1976 409
269. Les marais de Lupin, 1973 - 1976 411
270. *Les marais de Moëze en 1977. Traitement «ARISTIDE» (J. RUDELLE)* 413
271. Ordinogramme des flux d'information dans une opération de télédétection 416
272. Néotaxonomie de paysages des Marais Charentais 422

o figures 60, 71, 102, 103, 113, 119, 254: Institut Géographique National - Autorisation de reproduction à titre gracieux no 99 2886

o figures 230, 231, 233 bis, 240 bis, 270 :

Documents fournis par le Groupement pour le Développement de la Télédétection Aérospatiale (GDTA), 18, avenue Edouard Belin 31055 TOULOUSE CEDEX, qui est, dans le cadre du programme Européen EARTHNET, le Point de Contact National Français pour la diffusion des images de satellites de télédétection. Autorisation no 79/408 - GG/CC.

o figures 240, 240 bis, 270: Station d'Études en Baie de Somme (J. RUDELLE).

o figures 235 : F. VERGER ; CRDCG du CNRS ; «Aunis-Eco».

Les cartes no 253 et 267, parues dans le no 1976/5 de Photo Interprétation, ont été reproduites grâce à l'aimable autorisation des Editions Technip.

TABLE DES MATIERES

SOMMAIRE 5

AVANT-PROPOS 9

INTRODUCTION 13

I. Un milieu encore imparfaitement connu 13
II. La nouvelle problématique géographique 16
a) expression cartographique 16
b) une «coupure épistémologique» ? 16
c) la problématique taxonomique 18
III. Moyens et méthodes de la recherche
a) la recherche morphométrique 19
b) les problèmes stratigraphiques 19
c) l'apport de la télédétection 20

LIVRE PREMIER : LES MARAIS CHARENTAIS ET LEURS BORDURES

A - LA PÉRIPHÉRIE DES MARAIS 24

Introduction 24
I - STRATIGRAPHIE ET LITHOLOGIE RÉGIONALES 24
1. La série Jurassique 24
2. La série Crétacée 29
3. Les dépôts tertiaires 30
a) la butte de Moragne 30
b) la presqu'île d'Arvert 31
c) en l'île d'Oléron 32
Conclusion 32

II - LE CANEVAS TECTONIQUE CHARENTAIS 33
1. Un canevas tectonique régional 33
2. Photo-alignements et structure 36
a) le marais de Rochefort 36
b) le marais de Brouage 36
c) le marais de la Seudre 40
Conclusion 41

III - LES SURFACES D'APLANISSEMENT AU VOISINAGE DES MARAIS. . . . 42
1. La surface crétacée. . . . 42
2. Les topographies tertiaires. . . . 43
3. La dissection des topographies tertiaires. . . . 43
Conclusion. . . . 44

B - LE PRISME LITTORAL CHARENTAIS. . . . 47

I - LE PRISME LITTORAL : DÉFINITION 47
II - LA MER DES PERTUIS 49
1. Limites et bathymétrie 49
2. Le cadre structural 51
a) caractères du bâti structural de la Mer des Pertuis 51
b) la tectonique 53
3. Les vallées submergées 55
4. Le recouvrement sédimentaire 57
a) la vasière littorale 57
b) les fonds sableux orientaux. . . . 57
5. Les agents dynamiques dans la Mer des Pertuis. . . . 59
a) caractères de la marée 59
b) les niveaux de marée. . . . 60
c) courants de marée 61

III - LE CLIMAT DES MARAIS CHARENTAIS. . . . 68
a) Le climat du littoral charentais, traits généraux 68
b) La sécheresse des mois secs 69
- le rythme des mois secs. . . . 71
- la sécheresse de l'été. . . . 72
c) La répartition spatiale des précipitations. . . . 73
Conclusion. . . . 76

IV - CINÉMATIQUE DU LITTORAL 77
I - Les méthodes historiques 78
1. Intérêt de l'archéologie 78
- les dolmens. . . . 78
- les sites à sel 80
- autres témoignages 83
2. Les documents cartographiques 85
3. L'étude des textes anciens 87

II - Les séquences chronospatiales de cordons littoraux 89
1. Evolution du rivage dans le bassin de Rochefort. . . . 90
a) les anomalies topographiques en relief dans le marais de Muron 90
b) l'évolution du littoral entre Chatelaillon et le rocher d'Yves 91
c) le littoral de l'Anse de Fouras 95
d) l'évolution d'ensemble du littoral du marais de Rochefort 99
2. L'évolution du littoral à l'embouchure de la Charente. . . . 100
a) les anciens cordons littoraux : Soumard, Port des Barques, Lupin 100
b) évolution des schorres de l'estuaire 102
3. Le littoral du marais de Brouage 102
a) de Piédemont au Havre de Brouage 102
b) du Havre de Brouage à la Pointe du Chapus 109
4. Evolution des rivages de la baie de Ronce les Bains 111
5. Les rivages orientaux de l'île d'Oléron 112
a) le rivage des Saumonards 113
b) la région orientale 114
Conclusion. . . . 114

V - PHYSIONOMIE DES MARAIS CHARENTAIS 115
1. Les marais plats 115
a) le relief 115
b) le problème de l'eau 118
2. Les marais gâts 119
3. Les établissements ostréicoles. . . . 119

C - L'HOMME ET LE PRISME LITTORAL CHARENTAIS. 123

I - GÉOSOPHIE DES MARAIS LITTORAUX ET AMÉNAGEMENTS 123
1. La Géosophie 123
2. Les conquêtes sur la mer 123
a) avant le Second Empire 123
b) depuis le Second Empire 125
c) la situation actuelle 127

II - LES LIMITES COMMUNALES. 128
1. Les limites communales dans les marais «à sel» 129
2. Les limites communales dans les marais «agricoles» 129

III - L'AMÉNAGEMENT DES MARAIS PLATS DU MARAIS DE ROCHEFORT 131
1. Les prises protégées des inondations continentales ou fluviales 131
2. Les empiétements progressifs depuis le continent 133
3. Les «prises de marais» des sauniers 133

IV - L'HOMME ET LE PRISME LITTORAL DANS LES MARAIS GATS 134
1. Des sites à sel aux marais gâts 134
a) le sel avant les marais salants 134
b) les exploitations salicoles 134
c) l'abandon : les marais gâts. 135
2. Les types d'aménagements dans les marais de Brouage et de la Seudre 135
a) les espaces plans ou marais plats : prises et «marais doux» 135
b) les marais gâts, anciennes exploitations salicoles 137
- les types d'exploitations salicoles 138
- l'orientation des marais salants. 139
- des «friches manufacturières» 141

V - L'HOMME ET LE PRISME LITTORAL : L'OSTRÉICULTURE 143
1. Les types de claires. 143
2. Les contraintes de l'alimentation en eau 146

Conclusion. 147

LIVRE SECOND : LES METHODES CONTEMPORAINES D'ÉTUDE DES MARAIS LITTORAUX 153

1. PHOTOGRAPHIE AÉRIENNES SENSIBLES A L'INFRAROUGE ET PLANIMÉTRIE

A - MÉTHODOLOGIE 157

I - LES PHOTOGRAPHIES AÉRIENNES 157
II - L'UTILISATION DES PHOTOGRAPHIES AÉRIENNES 158
III - INTÉRETS ET LIMITES DE L'ANALYSE DES CLICHÉS SENSIBLES A L'INFRAROUGE 159
IV - LES COUVERTURES UTILISÉES 160
V - MÉTHODOLOGIE D'ANALYSE UTILISÉE POUR LES CLICHÉS INFRAROUGE DES MARAIS CHARENTAIS. 161

B - ÉTUDE RÉGIONALE 163

I - LES CHENAUX DU MARAIS DE BROUAGE 166
1. Les chenaux vifs 166
2. Les chenaux morts. 167
3. La carte des chenaux 168

II - LES CHENAUX DES MARAIS DE ROCHEFORT 176
1. Types de réseaux dans le marais de Muron 178
a) les marais situés à l'Est de l'île d'Albe et de la RN 11 179
b) les marais à l'Ouest de l'île d'Albe. 180
2. Types de réseaux dans le marais de Voutron 182
a) le chenal de Liron 183
b) le réseau de la Suze 183

III - LES CHENAUX DES MARAIS DE LA BASSE CHARENTE . . . 184
1. En aval de Rochefort . . . 184
2. En amont de Rochefort . . . 187

IV - LES CHENAUX DES MARAIS DE LA SEUDRE . . . 187
1. Les chenaux vifs . . . 187
2. Les chenaux morts . . . 187

V - LES CHENAUX DES MARAIS DE SAINT-AUGUSTIN . . . 189

C - SIGNIFICATION GÉODYNAMIQUE DES RÉSEAUX DE CHENAUX DE MARÉE . . . 190

I - MORPHOMÉTRIE DES RÉSEAUX DE CHENAUX . . . 190
1. L'hypothèse sédimentologique . . . 190
2. L'hypothèse structurale . . . 192

II - LES IRRÉGULARITÉS DU TRACÉ ET LEUR ORIGINE . . . 192
1. Les chenaux à méandres . . . 192
2. Les chenaux presque rectilignes . . . 194

Conclusion . . . 194

2. L'ALTITUDE DES MARAIS CHARENTAIS

I - SOURCES ET MÉTHODOLOGIES . . . 197
I - LES COTES PORTÉES SUR LES CARTES . . . 197
II - LES TRAVAUX SPÉCIFIQUES . . . 201
III - LES NIVEAUX DE RÉFÉRENCE . . . 201
IV - ESQUISSE MÉTHODOLOGIQUE . . . 202

II - LES PRINCIPAUX RÉSULTATS . . . 206
I - PRÉCISION DES PROFILS . . . 206
II - LES MODES D'EXPRESSION GRAPHIQUE . . . 206
1. L'établissement de profils topographiques . . . 206
2. L'échantillonnage par sondages aréolaires . . . 207
3. Les cartes en courbes de niveau . . . 208
III - TRAITEMENT STATISTIQUE . . . 210
1. Cotes et portées . . . 210
2. Les altitudes pondérées . . . 212
3. Cotes pondérées à l'Ouest du marais de Rochefort . . . 216

III - ÉTUDE RÉGIONALE DES ALTITUDES DES MARAIS CHARENTAIS . . . 217

I - LES MARAIS DE LA PRESQU'ILE D'ARVERT . . . 217
II - LE MARAIS DE LA SEUDRE . . . 220
1. A l'embouchure de la Seudre . . . 221
2. Dans la région de Nieulle sur Seudre . . . 221
3. En amont de l'Eguille . . . 221
III - L'ALTITUDE DES RÉGIONS DE MARAIS GATS : OLÉRON, BROUAGE . . . 222
1. Altitudes reconstituées et altitudes observées . . . 222
2. La disposition topographique du marais de Brouage . . . 224
IV - L'ESTUAIRE DE LA CHARENTE . . . 226
V - LES ALTITUDES DU MARAIS DE ROCHEFORT . . . 227
1. Les cotes des cartes à 1/25000 . . . 227
2. Intérêt de l'observation hydrologique au sol . . . 228
3. Nivellements topographiques : marais de Loiré et de Tonnay Charente . . . 229
VI - LE MARAIS DE TASDON . . . 230
1. Choix de l'équidistance . . . 230
2. Disposition d'ensemble du marais . . . 233

IV - PLAFOND SÉDIMENTAIRE ET NIVEAUX DE MARÉE . . . 236

I - LE CHOIX D'UN NIVEAU DE RÉFÉRENCE . . . 236
1. Le niveau des marées : Zéro des Cartes Marines . . . 237

2. Le nivellement terrestre : Zéro Bourdaloue, Zéro NGF, Zéro IGN . . . 237
3. Un niveau de référence commun . . . 237
II - ALTITUDES DU REMBLAIEMENT ET NIVEAUX DE MARÉE . . . 238
1. Les marais de la presqu'île d'Arvert . . . 238
2. Les marais au Sud d'Oléron . . . 238
3. Le cas du marais de Brouage . . . 239
4. Le bassin de Rochefort . . . 241
5. Les marais rochelais : Tasdon . . . 241
Conclusion . . . 241

3. LE REMBLAIEMENT DES MARAIS CHARENTAIS . . . 245

Introduction . . . 246

I - LE BRI, ASPECTS GÉOPÉDOLOGIQUES . . . 247

1. Les cartes de reconnaissance à 1/100 000 . . . 247
2. Bri gris-vert et bri brun . . . 248
a) les types de bri du Marais de Rochefort . . . 249
- le profil Voutron-La Perrière . . . 250
- le profil de la levée des Courtins . . . 251
- entre Rochefort et l'île d'Albe . . . 251
b) les types de bri du Marais de Brouage . . . 253
3. Les classes de drainage . . . 253
a) l'hydromorphie entre Voutron et La Perrière . . . 254
b) les classes de drainage dans le Marais de Muron . . . 254
4. Les teneurs en calcaire . . . 256
a) la variabilité spatiale . . . 256
b) la variabilité verticale . . . 257
5. Origine géopédologique des teintes du bri charentais . . . 258
Conclusion . . . 260

II - LE BRI, IMPORTANCE DU REMBLAIEMENT . . . 261

1. Le volume du remblaiement . . . 261
a) l'épaisseur du bri dans le Marais de Brouage . . . 261
b) le remblaiement de la vallée de la Seudre . . . 264
c) la vallée de la Charente . . . 265
d) le bassin de Rochefort . . . 266
e) l'épaisseur du bri à l'Est de La Rochelle . . . 271
2. Les matériaux rencontrés dans les sondages . . . 274
a) description qualitative . . . 274
b) aperçu géotechnique sur le bri de la région de Rochefort . . . 274
- les limites d'Atterberg . . . 274
- le tassement et la consolidation . . . 276
Conclusion . . . 279

III - LE BRI, SÉDIMENT TERRIGENE . . . 280

1. Analyses sédimentologiques des sondages . . . 280
a) étude paramétrique des granulométries . . . 281
- à la Jonchère . . . 281
- à la Cabane de la Groie . . . 282
- à Luez . . . 282
b) analyse des granulométries, voie globale . . . 282
- le bri de Vide Bouteille . . . 282
- le bri de Genouillé-Cabane de la Groie . . . 283
. familles de courbes . . . 283
. classification ascendante hiérarchique . . . 284
- le bri de la Jonchère . . . 285
. famille de courbes . . . 285
. analyse des correspondances . . . 286
. paramètres A. RIVIERE . . . 286
Conclusion . . . 287
2. L'origine du bri . . . 288
a) les minéraux argileux du bri . . . 288
b) composition minéralogique des argiles du bri . . . 289
c) origine des argiles du bri . . . 291

IV - LE BRI, ÉTUDE PALYNOLOGIQUE 295
1. Le sondage du Bouil de Chambon à Trizay 298
a) description du sondage 298
b) l'analyse pollinique 298
2. Les sondages isolés et superficiels 300
a) le sondage de la Levée de Soumard, à Fouras 300
b) le sondage du Gué Charrau, à Muron 300
3. Le sondage de Saint-Jean d'Angle 301
a) description du sondage 301
b) l'analyse pollinique 302
c) l'activité humaine 303
4. Le sondage de la Cabane de la Groie, à Genouillé 305
a) description du sondage 305
b) analyse pollinique 305
5. Le sondage de Luez, à Genouillé 305
a) description du sondage 306
b) analyse pollinique 306
Conclusion 311

V - LES RYTHMES DE LA SÉDIMENTATION 312
1. L'apport de la paléontologie : étude des foraminifères 312
2. L'apport de la palynologie 314
a) les sondages du Marais de Rochefort 314
b) le sondage de Saint Jean d'Angle 314
3. Les datations au Radiocarbone 316
a) les coquillages recueillis à la base des cordons littoraux 318
b) les coquillages recueillis à la partie supérieure des cordons littoraux 318
c) les coquillages recueillis à faible profondeur dans le bri 318
d) les coquillages recueillis dans les sondages profonds 318
e) les échantillons de tourbe 318
f) les échantillons de bois et de charbons de bois 318
4. L'évolution des niveaux de la mer 319
Conclusion sur le remblaiement des Marais Charentais 320

Conclusion du livre second 323

LIVRE TROISIEME : TÉLÉDÉTECTION DES MARAIS CHARENTAIS

Introduction 327

A - LA TÉLÉDÉTECTION PAR SATELLITES

I - DÉFINITIONS 328
1. Télédétection et photographie aérienne 329
2. Contraintes physiques de la télédétection 329
3. Télédétection active et télédétection passive 329

II - LA TÉLÉDÉTECTION, INSTRUMENT DE CONNAISSANCE 331
1. Forme de données reçues 331
2. Echelle des données 331
3. Les résolutions 333
4. Données de télédétection et dimensions des «objets» géographiques 334
Conclusion 334

III - LES PROGRAMMES FRALIT DE TÉLÉDÉTECTION PAR SATELLITE 336
1. Les sujets d'étude 336
2. Les satellites Landsat 336
3. Les enregistrements Landsat 337
4. Les images Landsat 338
5. Les bandes magnétiques 340
6. Les enregistrements sur les Marais Charentais 341
Conclusion 341

B - LES IMAGES DES MARAIS CHARENTAIS 342

Introduction. 342

I - LES CONDITIONS GÉNÉRALES DES ENREGISTREMENTS LANDSAT. 342
1. Les contraintes liées au satellite 342
2. Les contraintes d'éclairement solaire 342
3. Les contraintes climatiques 343

II - LES IMAGES LANDSAT DES MARAIS CHARENTAIS 344
1. Le littoral charentais au millionième 345
a) monotonie générale 345
b) diversité interne 345
2. Les conditions spectrales des enregistrements 345
a) pertinence des différents canaux 345
b) nécessité de l'étude multispectrale. 347
3. Les conditions marines des enregistrements Landsat 347
a) les niveaux de marée. 347
b) les courants de marée 349
Conclusion. 352

III - LES TRAITEMENTS D'IMAGES 353
Introduction. 353
1. Les traitements exclusivement photographiques. 355
a) les traitements en noir et blanc. 355
- agrandissements 355
- amélioration des contrastes. 356
- les équidensités 356
- les mixages d'images par superposition 356
b) les traitements photographiques en couleurs 357
- les équidensités colorées 358
- les mixages colorés 358
2. Les traitements assistés par l'électronique 359
a) la méthode RICCO-COURTOT. 359
- principes 359
- résultats. 360
- pertinence 362
b) les traitements électroniques d'images : le procédé A.R.I.S.T.I.D.E.. 362
- principe. 363
- le Centre Ouest le 11 Juillet 1973 363
- les marais de la Seudre le 04 Août 1977 365
- pertinence 365
3. Les traitements d'images, esquisse d'un bilan. 366
a) les avantages des traitements d'images. 366
b) les insuffisances des procédés. 367
Conclusion. 368

C - LA CARTOGRAPHIE INFOGRAPHIQUE

Introduction. 370

I - PRINCIPES DE LA CARTOGRAPHIE INFOGRAPHIQUE. 370
1. Rappel de définitions 370
2. Le programme FRACARTO. 372
a) description et essai. 372
b) fondements théoriques du programme 372
3. Légendes des cartes infographiques du 11 Juillet 1973 375
a) choix des zones d'entraînement ou d'expérimentation 375
b) le repérage des taches élémentaires 375
c) établissement de la légende 380
d) la légende graphique. 380
4. Essai cartographique sur la Mer des Pertuis 381
5. Cartographie des Marais Charentais 384
a) carte des marais de la Basse Charente 384
- la légende de la carte 384
- pertinence de cette carte 384
b) carte des marais d'Yves 386
Conclusion. 388

II - PERTINENCE DES LÉGENDES AUTOMATIQUES 390
1. Assistance par histogramme 390
a) méthode 390
b) zones d'expérimentation 390
- les marais de la Basse Charente 390
- les marais de Brouage 393
2. Assistance par profils de réflectance 394
3. Préassistance géographique et lissage : région de Marennes 396
a) la carte de la région de Marennes 396
b) le traitement des données par lissage majoritaire 398
c) carte lissée 3 x 3 de la région de Marennes 398
d) carte lissée 5 x 5 de la région de Marennes 400
e) pertinence du lissage 402
Conclusion 403

III - LA CARTOGRAPHIE DIACHRONIQUE 404
1. Les marais de Voutron de 1973 à 1976 404
a) le 11 juillet 1973 404
b) le 04 juin 1975 404
c) le 19 décembre 1975 408
d) le 18 août 1976 410
2. Les marais de Lupin et de l'estuaire de la Charente 410
3. Les marais de Moëze 413

Conclusion du livre troisième 414
1. L'interprétation des données de télédétection 415
a) l'identification des paysages 415
b) diversité des méthodes 417
c) vers une néotaxonomie 418
2. Bilan de la télédétection sur les Marais Charentais 418
a) les difficultés 418
b) les apports nouveaux 419

CONCLUSION GÉNÉRALE 421

1. Le cadre géographique et les Marais Charentais 423
2. Méthodes classiques et méthodes récentes dans l'étude des Marais Charentais 426
3. Géographie physique et méthodes nouvelles 427

Liste des abréviations 8

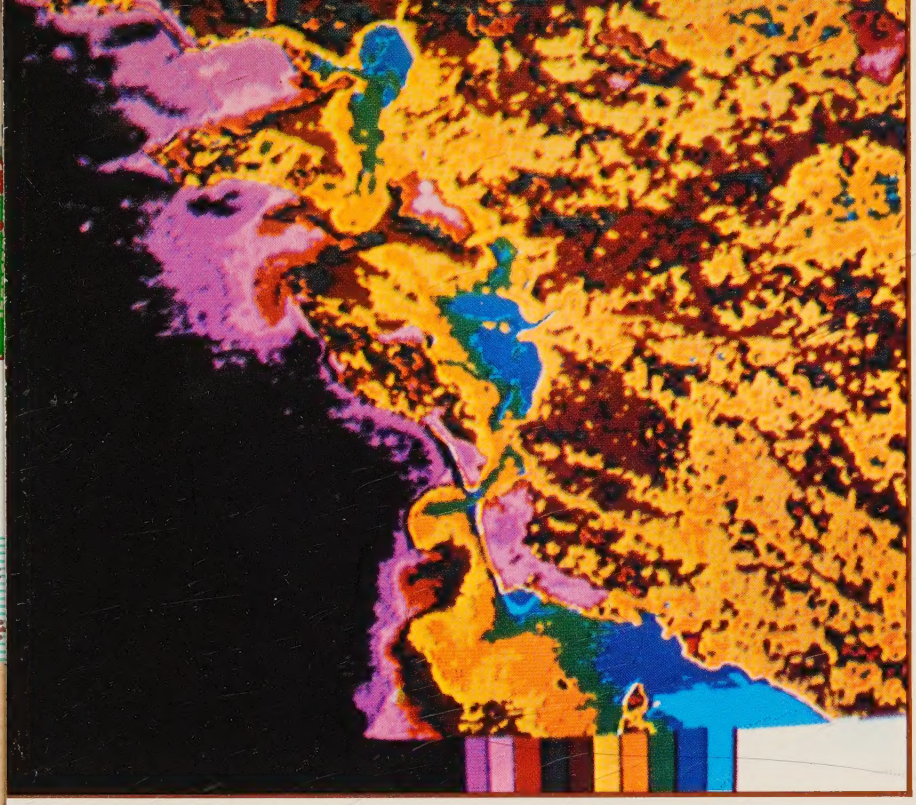
BIBLIOGRAPHIE 431
LEXIQUE 467

INDEX
Index des auteurs 472
Index des noms de lieux 478
Index des thèmes 489

TABLE DES TABLEAUX 497
TABLE DES FIGURES 499

TABLE DES MATIERES 505

Achevé d'imprimer en avril 1980
Composé à l'Imprimerie Valade (Amiens), imprimé par Paillart à Abbeville
Dépôt légal 2ème trimestre 1980



p. 364

La Géographie physique étudie les paysages naturels, les relations complexes entre leurs éléments. Elle met en questions les milieux où se développent les activités humaines.

La Télédétection étudie la surface de la Terre en utilisant le rayonnement électromagnétique (lumière solaire, infrarouge...) comme porteur d'informations. Les données recueillies par satellite, traitées par ordinateur, nous révèlent un monde nouveau, la Terre.

Les Marais Charentais, (entre La Rochelle et Royan), ont conservé les témoignages de l'histoire récente de la Terre et des Hommes. Naguère voués à la récolte du sel près de Brouage, puis aux prairies naturelles ou aux huitres de Marennes, ils constituent de nos jours une sorte de «front pionnier».

« La Géographie est nécessaire pour bien sçavoir l'Histoire »
(Dictionnaire de l'Académie française, 1694)

Raymond REGRAIN, Agrégé de l'Université, Docteur ès Lettres, est Maître-Assistant à l'Université de Picardie; il s'est spécialisé dans l'étude intégrée des milieux littoraux, en particulier à l'aide des données de télédétection.